И. В. ЛОСКУТОВ

Шифрование МЕТАЛЛОВ

В. В. ЛОСКУТОВ

ШЛИФОВАНИЕ МЕТАЛЛОВ

ИЗДАНИЕ ЧЕТВЕРТОЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ

Одобрено Ученым советом
Государственного комитета Совета Министров СССР
по профессионально-техническому образованию
в качестве учебного пособия для профессионально-технических училищ

МАШГИЗ

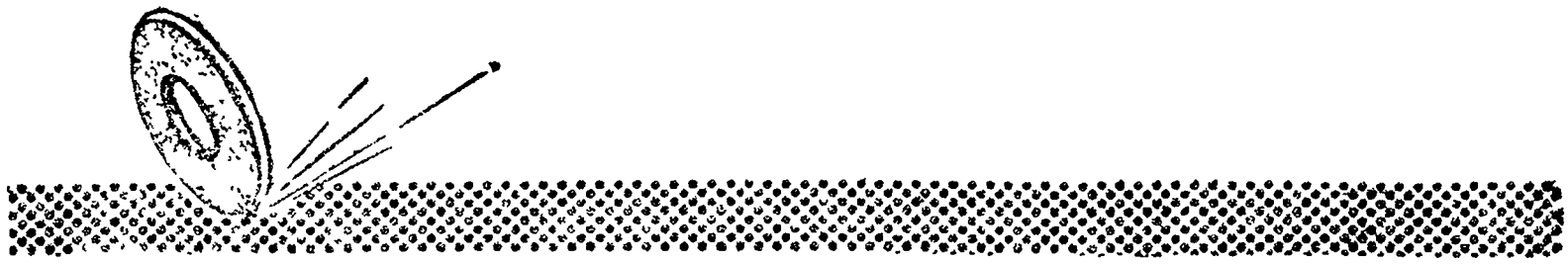
ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1962 СВЕРДЛОВСК

6П4.67
Л79

Книга предназначена в качестве учебного пособия для подготовки в технических училищах шлифовщиков по металлу. В ней освещены основы процесса шлифования, рассказано о точности обработки и измерений и измерительном инструменте, о выборе и приемах правки шлифовальных кругов, о способах шлифования цилиндрических, конических, плоских и фасонных поверхностей; рассмотрено устройство современных шлифовальных станков и приспособлений и методы чистовой обработки поверхностей абразивным инструментом; приведены краткие сведения о технологическом процессе, об организации труда, о техническом нормировании и технике безопасности при шлифовании металлов.

Рецензент инж **А. А. Трусов**

УРАЛО-СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ МАШГИЗА
Ведущий редактор инж. *Т. М. Сомова*



ВВЕДЕНИЕ

Применение машин в народном хозяйстве позволяет механизировать тяжелые и трудоемкие работы, автоматизировать процессы производства, облегчить труд рабочего, увеличить производительность труда и поднять культуру и благосостояние советского народа. Механизация и автоматизация металлорежущих станков характеризует основное направление технического прогресса в станкостроении.

За текущее семилетие будет введено в действие много автоматических линий, станков-автоматов и полуавтоматов, значительную часть из которых составят шлифовальные станки. По плану новой техники на 1962 г. предусмотрено освоить из общего числа типоразмеров станков 45% станков шлифовальной группы, 22% — токарной, 10% — фрезерной, 8% — зубообрабатывающей.

Широкому распространению обработки деталей машин шлифованием способствует следующее.

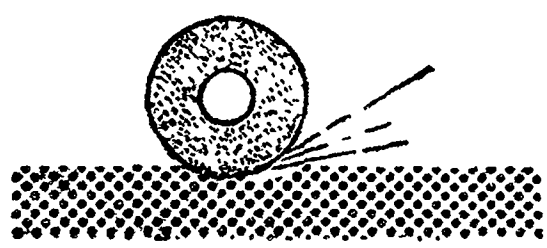
1. При шлифовании наиболее производительно достигается высокое качество обрабатываемой поверхности и необходимая точность деталей.

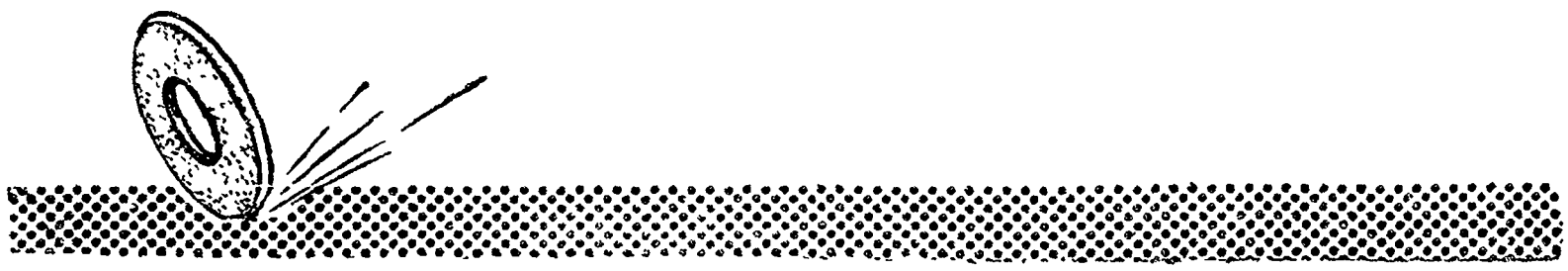
2. Расширяется номенклатура деталей машин, изготовляемых из закаленных и твердых материалов.

3. Непрерывно снижаются припуски на механическую обработку путем совершенствования заготовительных операций (ковки, штамповки, литья), при которых размеры заготовки максимально приближаются к размерам готовой детали. Роль механической обработки при этом будет сводиться к выполнению шлифовальных и отделочных операций.

В современных условиях шлифование следует рассматривать как метод окончательной обработки деталей машин, имеющий большую будущность. Поэтому шлифовальные станки находят все более широкое распространение на машиностроительных заводах. Особенно большое применение они имеют на автомобильных и моторостроительных заводах, а также на предприятиях шарикоподшипниковой промышленности.

Современные шлифовальные станки вместе с другими устанавливаются в автоматические станочные линии. В последнее время отечественной промышленностью созданы автоматические линии, на которых обработка деталей шлифованием доходит до 70% от общего количества технологических операций.



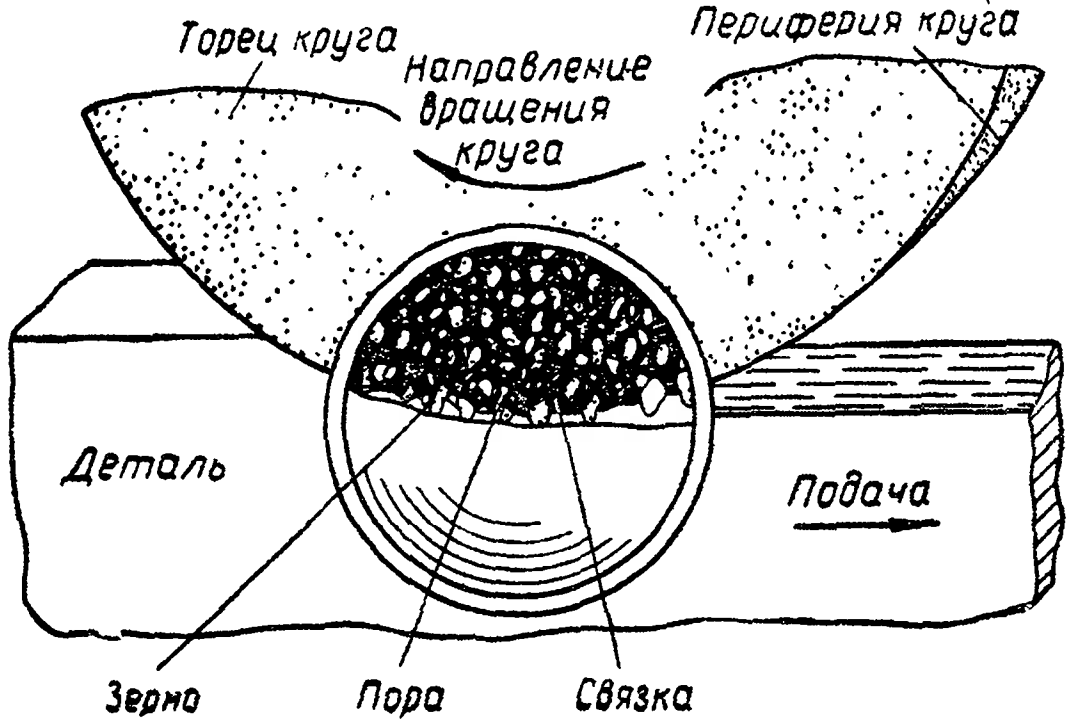


ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ МЕТАЛЛОВ

§ 1. ПРОЦЕСС ШЛИФОВАНИЯ

Шлифование — один из видов обработки металлов резанием. При шлифовании припуск на обработку снимается абразивными инструментами — шлифовальными кругами. Шлифовальный круг представляет собой пористое тело, состоящее из большого количества *мелких зерен.* Эти зерна соединены между собой осо-



Фиг. 1. Процесс шлифования.

бым веществом, которое называется *связкой.* Твердые материалы, из которых образованы зерна шлифовального круга, называются *абразивными материалами.* Процесс шлифования состоит в том, что шлифовальный круг снимает с детали тонкий слой металла (стружку) острыми гранями своих абразивных зерен (фиг. 1).

Принципиальной разницы в законах резания металлов металлическими и неметаллическими инструментами не существует.

Однако процесс резания металлов различными инструментами, в том числе и шлифование, кроме общих закономерностей, имеет свои особенности.

К особенностям процесса шлифования следует отнести:

1) высокую скорость резания;

2) сильное размельчение и своеобразный характер снимаемой стружки;

3) невыгодную геометрию режущих зерен шлифовального круга;

4) высокое нагревание обрабатываемой поверхности и стружки.

Поясним кратко эти особенности. При обычном шлифовании скорость резания принимается равной 30 *м/сек*, или 1800 *м/мин*, а при скоростном — 50 *м/сек*, или 3000 *м/мин*. Это в 10—30 раз превышает скорость резания при токарной обработке. Процесс снятия стружки абразивным (режущим) зерном осуществляется примерно за 0,0001—0,00005 сек.

Число абразивных зерен, расположенных на периферии шлифовального круга, очень велико, оно измеряется на кругах средних размеров десятками и сотнями тысяч штук. Поэтому при шлифовании стружка снимается огромным числом беспорядочно расположенных режущих зерен, к тому же неправильной формы, что приводит к очень сильному размельчению стружки и вызывает большой расход энергии. Затрата энергии на единицу веса снимаемого металла при шлифовании в 4—5 раз больше, чем при фрезеровании, и в 12—13 раз больше, чем при точении.

Абразивные зерна, как правило, имеют отрицательные углы резания. Работу каждого отдельно взятого абразивного зерна можно сравнивать с работой резца, имеющего отрицательный передний угол. Так, если при работе другими инструментами их режущей части можно придать наивыгоднейшую геометрию, то с зернами шлифовального круга этого сделать нельзя.

Шлифовальный круг имеет прерывистую режущую кромку. Высокие скорости резания, трение связки шлифовального круга об обрабатываемую поверхность, произвольная геометрия абразивных зерен, сильное размельчение стружки приводят к тому, что в зоне шлифования выделяется большое количество тепла. Высокая температура поверхностных слоев шлифуемой детали, достигающая 1000° и больше, вызывает изменение структуры и физических свойств металла.

Снимаемая стружка в большей своей части похожа на стружку, снимаемую другими инструментами. Часть стружки отлетает от шлифуемой детали, а некоторая часть ее размещается в порах шлифовального круга и вымывается из них охлаждающей жидкостью. Небольшая часть ее сгорает. По мере притупления

шлифовальные зерна врезаются в металл все с большим и большим усилием. В тот момент, когда усилие по величине превзойдет прочность зерна или удерживающей его связки, зерно разрушится или полностью выкрошится.

Шлифование — очень сложный процесс, который зависит от многих факторов.

§ 2. ВИДЫ И СПОСОБЫ ШЛИФОВАНИЯ

Поверхности, обрабатываемые шлифованием, могут быть простыми и сложными. К простым относятся наружная и внутренняя цилиндрическая поверхность и плоскость, к сложным — винтовая, эвольвентная и некоторые другие поверхности.

Для осуществления процесса шлифования необходимо, чтобы деталь и абразивный инструмент имели соответствующие относительные движения. В машиностроении наиболее часто применяются следующие *виды шлифования*: круглое наружное, круглое внутреннее и плоское.

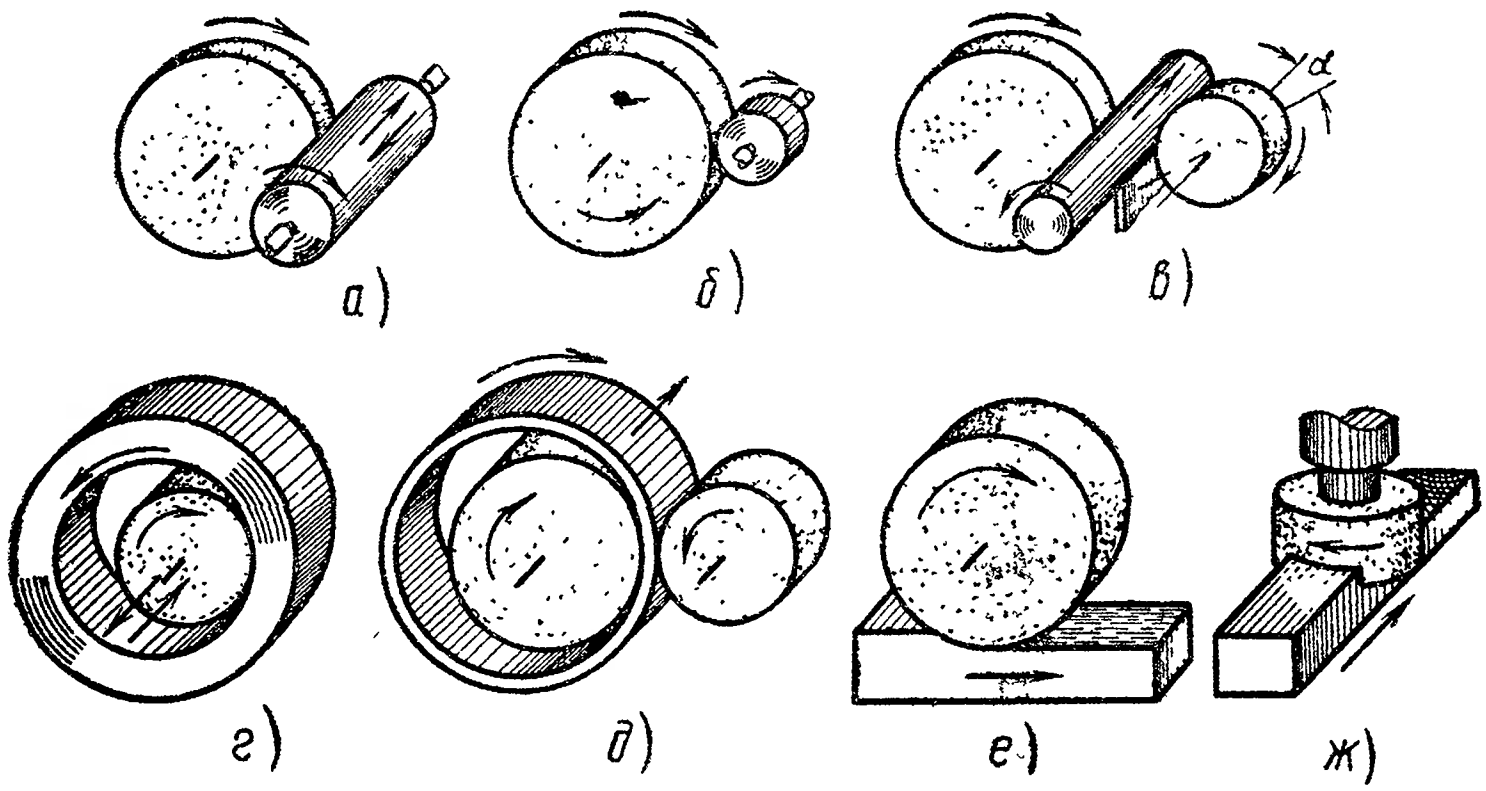
Круглое наружное шлифование. К этому виду шлифования относятся:

а) шлифование с продольной подачей;
б) шлифование врезанием;
в) бесцентровое шлифование с продольной подачей;
г) бесцентровое шлифование врезанием.

Для осуществления круглого наружного шлифования с продольной подачей необходимы следующие движения (фиг. 2, *а*): вращение шлифовального круга, или *главное движение резания*; вращение детали вокруг своей оси — *круговая подача* детали; прямолинейное возвратно-поступательное движение детали (или шлифовального круга) вдоль оси детали — *продольная подача*; поперечное перемещение шлифовального круга на деталь или. наоборот, детали на круг — *поперечная подача,* или подача на глубину шлифования. При шлифовании с продольной подачей этот вид подачи используется периодически, в конце каждого двойного хода детали.

Круглое наружное шлифование врезанием (фиг. 2, *б*) отличается от первого способа шлифования тем, что высота применяемого при этом шлифовального круга берется равной длине шлифования детали или несколько больше ее. Поэтому здесь отпадает необходимость в продольной подаче. Поперечная подача применяется непрерывно в течение всего процесса шлифования. Таким образом, для выполнения наружного шлифования врезанием необходимы следующие движения: вращение шлифовального круга, вращение детали вокруг своей оси, или ее круговая подача, и непрерывная поперечная подача шлифовального круга.

Бесцентровое шлифование (фиг. 2, *в*) представляет собой разновидность наружного круглого шлифования. Шлифуемая деталь помещается на опорном ноже между кругами — рабочим (слева) и подающим, или ведущим (справа). Для осуществления процесса бесцентрового шлифования необходимы следующие движения: вращение шлифовального и подающего кругов, круговая и



Фиг. 2. Схемы основных видов шлифования:

а — круглое наружное с продольной подачей; *б* — круглое наружное врезанием, *в* — наружное бесцентровое; *г* — круглое внутреннее с продольной подачей; *д* — внутреннее бесцентровое; *е* — плоское — периферией круга; *ж* — плоское — торцом круга.

продольная подача детали. Вращение подающего круга сообщает шлифуемой детали вращение и продольную подачу. Для получения продольной подачи детали ось ведущего круга устанавливают под небольшим углом α к оси рабочего круга.

Круглое внутреннее шлифование. К этому виду шлифования относятся:

а) шлифование с продольной подачей;
б) шлифование врезанием;
в) бесцентровое шлифование с продольной подачей;
г) бесцентровое шлифование врезанием.

Схема круглого внутреннего шлифования с продольной подачей показана на фиг. 2, *г*. Для этого способа шлифования необходимы те же движения, что и при круглом наружном шлифовании с продольной подачей: вращение шлифовального круга, круговая подача детали, продольная подача детали или круга, поперечная подача круга.

Круглое внутреннее бесцентровое шлифование (фиг. 2, *д*) подобно наружному и осуществляется без закрепления шлифуе-

мой детали; в процессе шлифования деталь поддерживается тремя опорными роликами.

Плоское шлифование. Этот вид шлифования делится:

а) на шлифование периферией круга (фиг. 2, *е*);

б) на шлифование торцом круга (фиг. 2, *ж*).

Для осуществления плоского шлифования необходимы следующие движения: вращение шлифовального круга — главное движение резания; подача детали; прямолинейное движение детали или шлифовального круга в направлении, перпендикулярном к подаче детали; движение круга на деталь — поперечная подача, или подача на глубину шлифования. Столы плоскошлифовальных станков могут совершать прямолинейное возвратно-поступательное и вращательное движение. Соответственно движение подачи детали может быть прямолинейным или вращательным.

§ 3. АБРАЗИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Шлифовальные круги и другие абразивные изделия характеризуются абразивным материалом, связкой, зернистостью, твердостью, структурой, формой и размерами.

Абразивный материал представляет собой минерал естественного или искусственного происхождения, раздробленный на зерна определенной величины. Искусственные материалы имеют более высокие и более однородные качества, чем естественные. Важнейшими естественными абразивными материалами являются: кварц, гранат, наждак, корунд и алмаз.

Кварц представляет собой соединение кремния с кислородом, встречается в виде горных пород, гальки и песка; используется для изготовления брусков и оселков.

Гранат — это соединение алюминия с силикатом магнезии и марганца. Его применяют при изготовлении шлифовальной шкурки для дерева, эбонита, кожи и т. п.

Корундом называется соединение алюминия с кислородом (окись) с небольшими включениями кварца, слюды и т. п.

Наждак — особая горная порода, состоящая из корунда и магнезита (минерала). Содержание чистого корунда в наждаке составляет 40—50%. Вследствие низкой твердости и неоднородности он является наименее качественным абразивным материалом.

Алмаз представляет собой разновидность углерода, обладает наивысшей твердостью из всех известных естественных и искусственных абразивных материалов. Алмазы, не пригодные для изготовления украшений, называют техническими алмазами и применяют для правки шлифовальных кругов. Алмаз —

очень редкий минерал. Его вес измеряется мелкими весовыми единицами — каратами. Один карат равен 200 *мг*, или 0,2 *г*.

В настоящее время синтетическим путем получены *искусственные алмазы*.

Важнейшие искусственные абразивные материалы: электрокорунд, монокорунд, карбид кремния, карбид бора, искусственные алмазы.

В зависимости от содержания окиси алюминия электрокорунд делится на белый и нормальный. *Белый электрокорунд* (корракс) содержит не менее 97% окиси алюминия и имеет белый или светло-розовый цвет; его получают переплавкой чистого глинозема. *Нормальный электрокорунд* (алунд) содержит не менее 87% окиси алюминия, имеет цвет от серо-коричневого до темно-коричневого, его получают методом восстановительной плавки бокситов. Для грубого шлифования стали применяется нормальный электрокорунд, для более точных работ — белый электрокорунд.

Монокорунд — разновидность электрокорунда. В зависимости от количества примесей монокорунд подразделяется на два сорта: монокорунд 98 с содержанием окиси алюминия не менее 98% и монокорунд 97 с содержанием окиси алюминия не менее 96,5%. Круги из монокорунда имеют стойкость, почти в 2 раза превышающую стойкость корундовых кругов, меньше изнашиваются по сравнению с кругами из нормального электрокорунда. Кроме того, шлифование этими кругами сопровождается меньшим нагревом деталей и меньшими радиальными усилиями резания.

Карбид кремния (карборунд) представляет собой химическое соединение кремния и углерода, получаемое из кокса и кварцевого песка в электрических печах при нагреве до температуры 2100—2200°. Карбид кремния является ценным шлифующим материалом. Он имеет зерна темно-синей и зеленой окраски с красивыми цветами побежалости и металлическим блеском. В зависимости от процентного содержания чистого карбида кремния этот материал делится на зеленый и черный. Зеленый карбид кремния содержит чистого карбида кремния не менее 97%, применяется главным образом для затачивания инструмента с пластинками из твердых сплавов. Черный карбид кремния с содержанием чистого карбида кремния в пределах 95—97% служит для обработки хрупких или очень мягких материалов.

Важнейшими свойствами этого абразивного материала являются: высокая твердость (тверже его только алмаз и карбид бора) и высокая абразивная (режущая) способность. Высокая абразивная способность карбида кремния объясняется тем, что

его зерна имеют острые режущие грани, легко врезающиеся в обрабатываемый материал. Карбид кремния очень теплоустойчив: он способен выдерживать температуру до 2050°.

Карбид бора представляет собой продукт, получаемый из технической борной кислоты и малозольного углеродистого материала (например, нефтяного кокса) в электрических печах при температуре 2000—2350°. Карбидом бора можно обрабатывать твердые сплавы. Его применяют для доводки твердосплавного режущего инструмента.

Наибольшее применение при производстве шлифовальных кругов получили естественный корунд, электрокорунд и карбид кремния. Наждак и карбид бора в настоящее время применяются в виде различных паст для притирки и доводки.

Абразивные материалы обладают различной шлифующей способностью, под которой понимается количество сошлифованного металла одним зерном в единицу времени (табл. 1).

Таблица 1

Шлифующая способность некоторых абразивных материалов

Абразивный материал	Зернистость материала	Шлифующая способность при обработке стеклянного диска в *г*
Электрокорунд нормальный . . .	140	0,144
Электрокорунд белый	—	0,156
Карбид кремния зеленый	140	0,314
Карбид бора	140—200	0,425
Алмаз	200	0,623

Зернистость абразивного материала характеризуется размером режущих зерен и обозначается номером. По ГОСТ 3647—59 абразивный материал по зернистости разделяют на шлифзерно, *шлифпорошки и микропорошки*. По этому ГОСТ принято обозначение номеров зернистости по величине отверстия сита (в сотых долях миллиметра), на котором задерживается зерно основной фракции. В табл. 2 приведены новые и старые обозначения номеров зернистости. Зерновые продукты раньше обозначались номерами, соответствующими числу отверстий (меш) на одном погонном дюйме сетки.

Связка. Абразивные зерна, раздробленные и рассортированные по их зернистости, связываются друг с другом цементирующим веществом (связкой). От вида связки зависит качество работы круга и его свойства. Связки подразделяются на неорганические и органические. К неорганическим связкам относится керамическая, силикатная и магнезиальная, к органическим — бакелитовая и вулканитовая.

Таблица 2

Зернистость абразивных материалов

Обозначение зернистости		Размеры зерен в *мк*	Обозначение зернистости		Размеры зерен в *мк*	Обозначение зернистости по ГОСТ 3647—59	Размеры зерен в *мк*
номер зернистости по ГОСТ 3647—59	старое обозначение (меши)		номер зернистости по ГОСТ 3647—59	старое обозначение (меши)			
Шлифзерно			Шлифпорошки			Микропорошки	
200	10	2500—2000	12	100	160—125	М40	40—28
160	12	2000—1600	10	120	125—100	М28	28—20
125	16	1600—1250	8	150	100— 80	М20	20—14
100	20	1250—1000	6	180	80— 63	М14	14—10
80	24	1000— 800	5	230	63— 50	М10	10— 7
63	30	800— 630	4	280	50— 40	М7	7— 5
50	36	630— 500	3	320	40— 28	М5	5— 3,5
40	46	500— 400					
32	54	400— 315					
25	60	315— 250					
20	70	250— 200					
16	80	200— 160					

Примечание. Меньшие числа указывают размеры зерен, остающихся на сите с данным размером ячейки.

Керамическая связка состоит в основном из огнеупорной глины и полевого шпата. Круги, изготовленные на такой связке, имеют наибольшую пористость и поэтому меньше засаливаются, легко режут металл и, обладая хорошей водоупорностью, допускают шлифование с охлаждением.

Силикатная связка (с применением жидкого стекла) обладает недостаточной прочностью, так как жидкое стекло создает недостаточно прочную связь с абразивными зернами. Такая связка применяется только в тех случаях, когда поверхность детали чувствительна к повышению температуры при резании. Круги на силикатной связке обычно работают без охлаждения.

Магнезиальная связка состоит из каустического магнезита и хлористого магния. Круги, изготовленные на этой связке, неоднородны, быстро и неравномерно изнашиваются, чувствительны к сырости, под действием которой легко разрушаются. Их применяют только для сухого шлифования.

Бакелитовая связка в качестве главной составляющей имеет жидкий или порошкообразный бакелит (искусственная смола). Круги на такой связке обладают большой прочностью, но изнашиваются быстро. При тяжелых условиях работы, когда температура в зоне резания достигает 300° и более, связка начинает выгорать, а зерна преждевременно выкрашиваются. Указанные круги используют главным образом для работы без охлажде-

ния. Бакелитовая связка несколько разрушается под действием щелочных растворов, находящихся в охлаждающей жидкости. Поэтому охлаждающая жидкость в случае применения кругов на этой связке не должна содержать щелочи свыше 1,5%.

Большая прочность и упругость бакелитовой связки позволяет работать изготовленными на ней кругами при окружных скоростях, достигающих 35—50 *м/сек*. Упругость связки дает возможность изготовлять тонкие круги (толщиной 0,5 *мм*) для прорезных работ. Эти свойства бакелитовой связки обеспечили ей широкое распространение в производстве абразивных инструментов.

Вулканитовая связка приготовляется из каучука, подвергнутого вулканизации. Круги на вулканитовой связке обладают бóльшей упругостью, чем на бакелитовой, и поэтому применяются для прорезных работ. Они характеризуются значительно меньшей пористостью и устойчивостью при повышении температуры; при температуре 150° связка размягчается и начинает выгорать.

Для связок установлены свои условные обозначения. Так, керамическая связка обозначается буквой К, бакелитовая — Б, вулканитовая — В, магнезиальная — М.

Твердость шлифовального круга. По ГОСТ 3752—47, «Под твердостью абразивного инструмента понимается сопротивляемость связки вырыванию абразивных зерен с поверхности инструмента под влиянием внешних усилий». Таким образом, под твердостью шлифовального круга понимают не твердость абразивных зерен, а, главным образом, прочность связки.

Круги делятся на мягкие, среднемягкие, средние, среднетвердые, твердые, весьма твердые и чрезвычайно твердые. Мягкими называют такие круги, из которых легко выкрашиваются зерна, а твердыми — такие, в которых эти зерна держатся прочно. В табл. 3 дано обозначение твердости шлифовальных кругов. Цифры 1, 2 и 3 справа от буквенного обозначения характеризуют степень твердости абразивного материала в порядке ее возрастания. Для определения твердости круга существуют специальные приборы. Твердость может быть определена одним из следующих методов: пескоструйным, вдавливанием шарика, высверливанием лунки.

При пескоструйном методе на поверхность испытуемого круга направляется струя кварцевого песка с определенным давлением сжатого воздуха. По глубине лунок, полученных в результате такого испытания, судят о твердости шлифовального круга. Этот метод применяется для шлифовальных кругов на керамической и бакелитовой связке зернистостью № 200—16.

Метод вдавливания шарика состоит в том, что под постоян-

Таблица 3

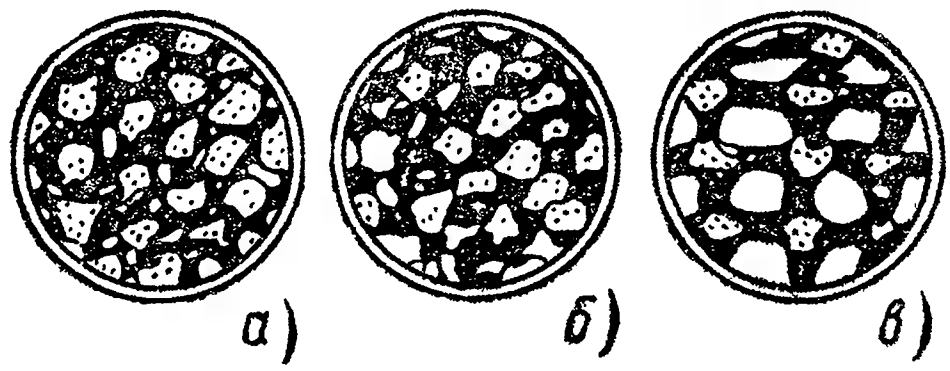
Шкала твердости шлифовальных кругов
(по ГОСТ 3751—47)

Твердость круга	Обозначение твердости
М — мягкий	М1, М2, М3
СМ — среднемягкий	СМ1, СМ2
С — средний	С1, С2
СТ — среднетвердый	СТ1, СТ2, СТ3
Т — твердый	Т1, Т2
ВТ — весьма твердый	ВТ1, ВТ2
ЧТ — чрезвычайно твердый	ЧТ1, ЧТ2

ной нагрузкой шарик вдавливается в поверхность круга. Такой метод применяют для шлифовальных кругов на вулканитовой или бакелитовой связке зернистостью № 12-М14.

Метод высверливания лунки состоит в том, что в абразивном круге высверливается специальным сверлом под определенным давлением лунка заданной глубины. По числу оборотов, которое потребуется для просверливания этой лунки, судят о твердости шлифовального круга. Такой метод испытания твердости применяется для кругов на вулканитовой связке зернистостью № 80—10.

Структура шлифовального круга. Под структурой шлифовальных кругов понимают их внутреннее строение, т. е. количественное соотношение и взаимное расположение зерен, связки и пор в массе круга. Поры — это мелкие пустоты в круге. От правильного выбора структуры зависит эффективность работы круга.



Фиг. 3. Структура шлифовального круга: *а* — плотная; *б* — средняя; *в* — открытая.

Шлифовальный круг состоит из абразивных зерен, мостиков связки, удерживающих зерна в теле круга, и пор. Поры служат для размещения в них стружки. Стружка не должна застревать в порах, и при выходе шлифовального круга из соприкосновения с деталью должна свободно вылетать из них, иначе круг потеряет режущую способность.

На фиг. 3 схематично показаны шлифовальные круги одной и той же характеристики, но различной структуры. При более плотной структуре количество зерен, приходящихся на единицу поверхности, больше, а размеры пор меньше. Некоторые шлифовальные круги изготовляются с заранее установленным строением круга, т. е. с определенным расположением пор в круге. Такие круги называются структурными.

Шкала кругов с нормированной структурой состоит из 13 номеров: от № 0 до № 12. Каждый номер структуры характеризуется своим соотношением и взаимным расположением зерен, связки и пор.

В последнее время широко применяют высокопористые шлифовальные круги. Эти круги имеют структуру от № 13 до № 18. Такие шлифовальные круги отличаются от обычных тем, что у них количество зерен меньше, но больше количество и размеры пор, причем величина пор больше величины абразивных зерен. Поверхность такого круга напоминает губчатое тело. Высокопористые шлифовальные круги по своему удельному весу значительно легче кругов с плотной структурой.

Высокопористая структура позволяет воздуху, поступающему в поры шлифовального круга, создавать внутренние воздушные потоки. Потоки воздуха, омывающие абразивные зерна, улучшают его режущую способность, поглощают тепло, и деталь в процессе шлифования мало нагревается. Поверхностные поры высокопористого шлифовального круга не забиваются стружкой.

Форма и размеры шлифовальных кругов установлены ГОСТ 2424—60. Наибольшее распространение имеют шлифовальные круги, приведенные в табл. 4.

Круги плоские прямого профиля ПП применяют для круглого наружного, внутреннего, бесцентрового и плоского шлифования и для заточки резцов. Эти круги изготовляются диаметром от 3 до 1100 *мм* и высотой от 6 до 200 *мм*.

Круги плоские конического профиля 2П, 3П, 4П служат для шлифования зубьев зубчатых колес, для заточки режущего инструмента и шлифования резьбы.

Круги плоские с выточкой ПВ, ПВК, ПВД, ПВДК применяют для круглого шлифования со шлифовкой торца.

Тонкие круги — диски Д используются на отрезных и прорезных работах. Такие круги изготовляются высотой от 0,5 до 5 *мм* и диаметром от 80 до 500 *мм*.

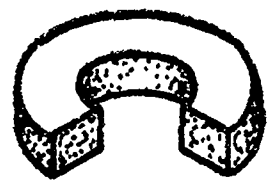
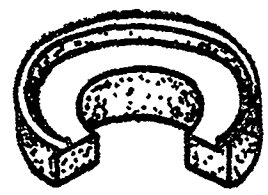
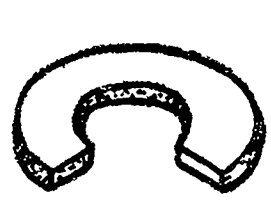
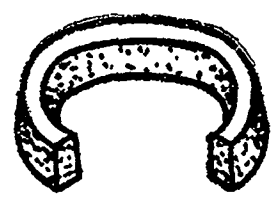
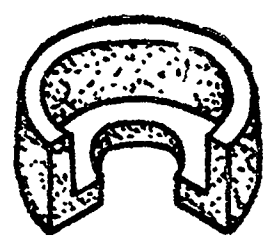
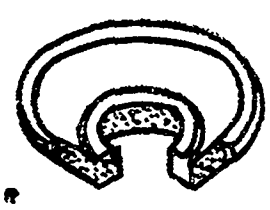
Шлифовальные круги — тарелки 1Т, 2Т и 3Т применяются для заточки режущего инструмента. Шлифовальные круги — кольца 1К и 2К применяются для плоского шлифования торцом круга.

Круги — чашки цилиндрические ЧЦ и круги — чашки конические ЧК применяются для плоского шлифования торцом круга и для заточки режущего инструмента. Кроме этих форм, изготавливается целый ряд других форм специального назначения.

Маркировка шлифовальных кругов. На фиг. 4 показан шлифовальный круг с нанесенной на его поверхности (несмываемой краской) характеристикой в виде условных обозначений.

Таблица 4

Форма шлифовальных кругов (по ГОСТ 2424—60)

Форма круга	Наименование круга	Условное обозначение
	Плоский прямого профиля	ПП
	Плоский с выточкой	ПВ
	Плоский с двусторонним коническим профилем	2П
	Диск	Д
	Кольцо	1К
	Чашка цилиндрическая	ЧЦ
	Тарелка	1Т, 2Т, 3Т

Алмазные круги. Применение алмазов для шлифования, заточки и доводки режущих инструментов, оснащенных твердым сплавом, и для шлифования деталей обеспечивает наивысшую производительность и высокий класс чистоты обрабатываемой

поверхности. Несмотря на эти большие преимущества, применение алмазного инструмента в СССР было ограничено. Открытие крупных месторождений алмазов в Якутской АССР (1954—1955 гг.) позволило резко расширить область применения алмазного инструмента и полностью обеспечить нашу промышленность этим видом инструмента.

Алмазные круги в отличие от кругов из абразивных материалов состоят из корпуса и алмазоносного кольца толщиной 1,5—3 *мм*. Корпуса алмазных кругов изготовляются из пластмасс, алюминия, стали и т. п. Алмазоносный слой состоит из алмазных зерен, связки и наполнителя.

Концентрация алмазных зерен характеризуется содержанием их в миллиграммах в одном кубическом миллиметре алмазоносного слоя круга: 1) высокая, или 100%, с содержанием алмазов 0,878 *мг/мм*^{3}; 2) нормальная, или 50%, с содержанием алмазов 0,439 *мг/мм*^{3}; 3) низкая, или 25%, с содержанием алмазов 0,219 *мг/мм*^{3}. Таким образом, концентрация алмазов в круге характеризуется числом режущих зерен. Наибольшей эффективностью обладают круги с 50%-ной концентрацией зерен. Круги с 100%-ной концентрацией используются редко из-за большого расхода алмазов.

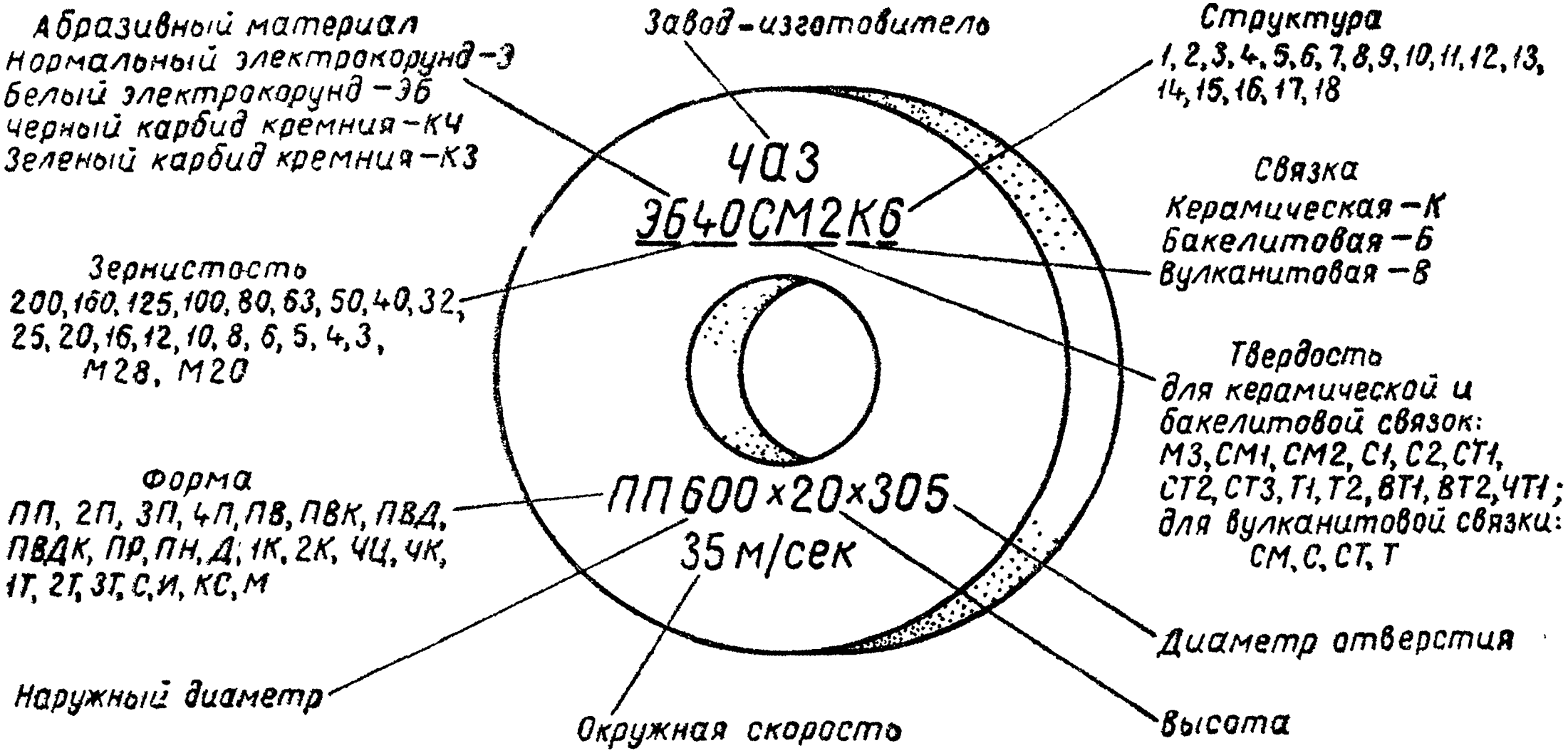
Алмазные круги выпускают на металлической, органической, керамической и других связках. Круги на металлической связке изготовляют на бронзовой, чугунной или стальной основе, чаще используется бронза. При шлифовании алмазными кругами на металлической связке требуется более обильное охлаждение, чем при работе кругами на других связках.

Круги на органических связках, чаще всего бакелитовых, обеспечивают высокую чистоту поверхности и высокую производительность труда. Износ таких кругов выше, чем кругов на металлической связке. Алмазные круги на керамической связке по производительности труда и износу занимают промежуточное место между кругами с металлической и органической связками.

Зернистость алмазов выбирается в зависимости от требований, предъявляемых к чистоте обрабатываемых поверхностей. Так, круги зернистостью № 6 и 5 обеспечивают чистоту поверхности по 8—9 классам, круги зернистостью М40, М28, М20 и М14 — по 10—11 классам и круги М10 — по 12—13 классам.

Твердость алмазных кругов выбирается в узких пределах: круги средние С2 или среднемягкие СМ2 и только в редких случаях круги среднетвердые СТ2 и твердые Т1.

Основная особенность алмазных кругов состоит в том, что они обладают высокой режущей способностью, которая наряду с другими свойствами резко снижает силы резания и темпера-

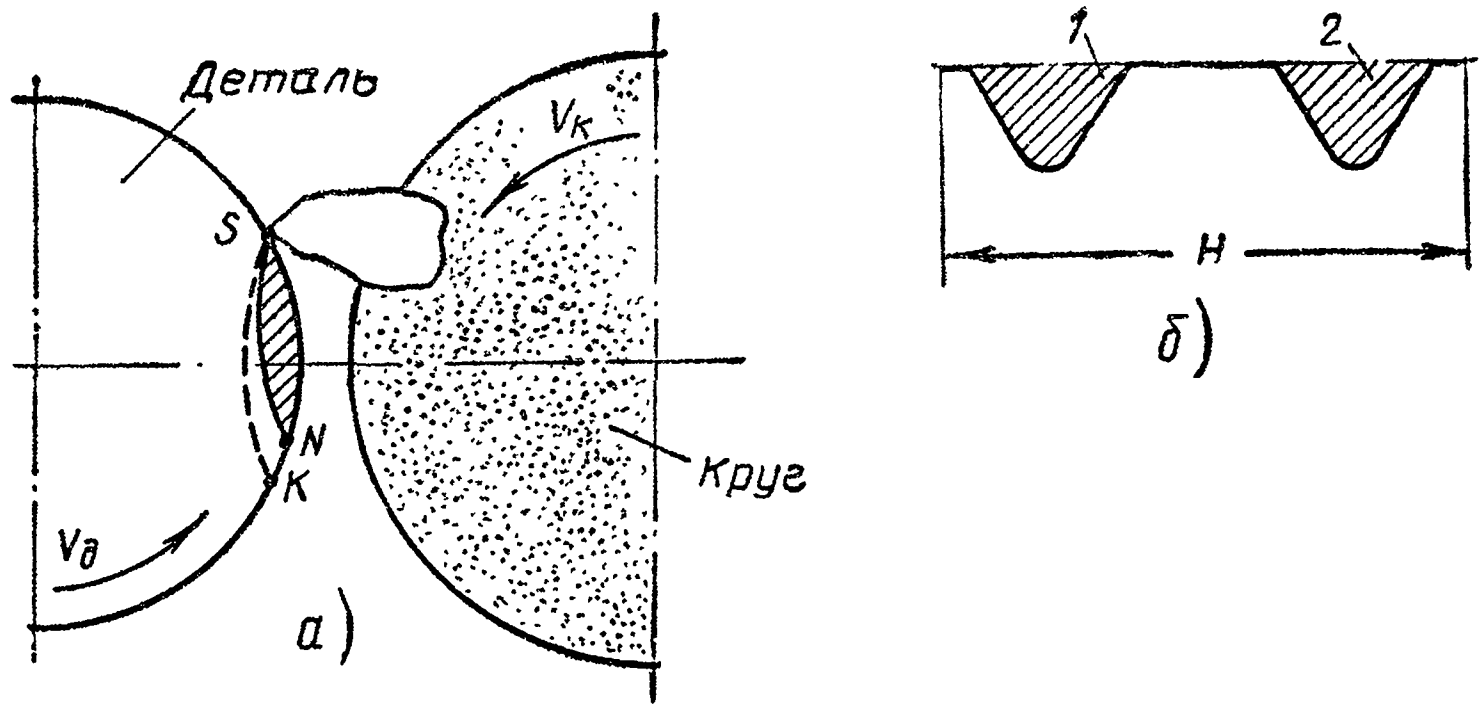


Фиг. 4. Маркировка шлифовального круга.

туру нагрева шлифуемой детали. НИИАЛМАЗ разработал нормали на алмазные круги с органической связкой. В этих нормалях приводятся данные о форме, размерах и зернистости кругов с указанием области их применения (см. стр. 200).

§ 4. ОБРАЗОВАНИЕ СТРУЖКИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Рассматривая под микроскопом стружку, полученную при шлифовании различных материалов, можно установить ее сходство со стружкой, полученной при токарных, строгальных и фрезерных работах.



Фиг. 5. Схема стружкообразования при шлифовании:
а — врезание абразивного зерна: *б* — продольное сечение обрабатываемой поверхности детали.

Для определения толщины стружки рассмотрим работу шлифовального круга при круглом наружном шлифовании. Допустим, что шлифовальным кругом обрабатывают деталь, снимая при этом стружку толщиной t *мм*. Пусть в некоторый отрезок времени круг и деталь занимают положение, показанное на фиг. 5. При этом шлифовальный круг вращается с окружной скоростью $v_к$, а шлифуемая деталь с окружной скоростью $v_д$, примерно в 100 раз меньшей.

Работа двух соседних зерен круга происходит в разных плоскостях. Резание начинается в точке S. Зерно снимает стружку в виде заштрихованного участка (фиг. 5, *а*). При шлифовании деталь вращается, поэтому режущее зерно выходит из контакта с ней не в точке K, как это было бы, если бы деталь не вращалась, а в точке N. Ширина стружки, срезаемой зерном круга, меньше расстояния между двумя соседними зернами, замеренного вдоль оси детали. Поэтому два соседних зерна снимают на участке H места *1* и *2* (фиг. 5, *б*). Поверхность детали между сечениями *1* и *2* остается несрезанной.

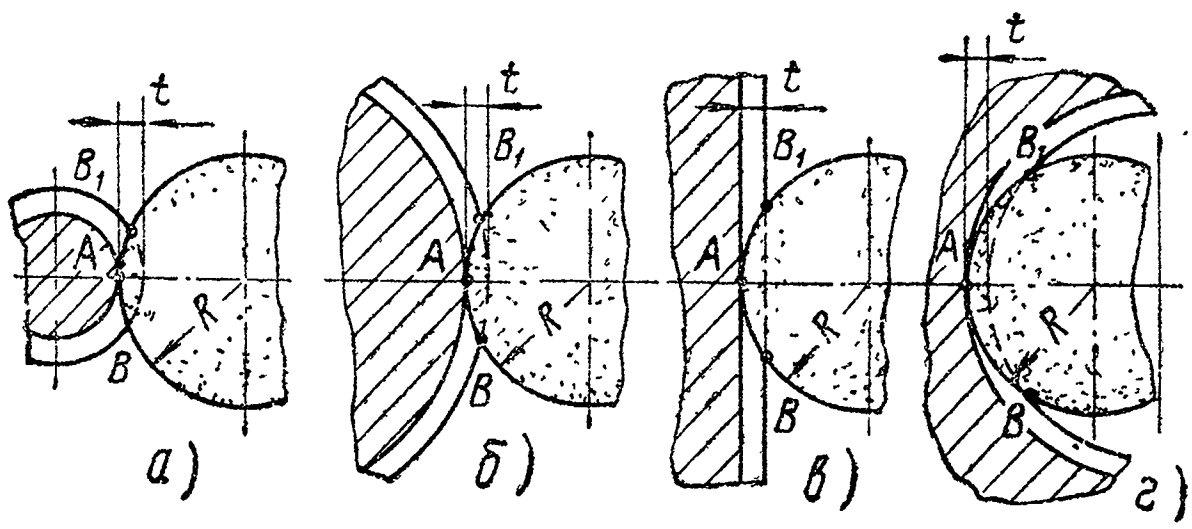
Слой металла с этого участка поверхности будет снят другими зернами.

§ 5. ВЛИЯНИЕ ДУГИ СОПРИКОСНОВЕНИЯ

Шлифование происходит в зоне соприкосновения поверхности шлифовального круга с поверхностью детали. Дуга окружности шлифовального круга, соприкасающаяся с деталью, называется дугой соприкосновения. В зависимости от вида шлифования, размеров круга и детали дуга соприкосновения в каждом случае имеет свою длину.

На фиг. 6 показано, как изменяется дуга соприкосновения *AB* в зависимости от вида шлифования. Для большей наглядности радиус шлифовального круга R и глубина шлифования t во всех случаях приняты одинаковыми.

При наружном шлифовании, когда диаметр детали меньше диаметра круга (фиг. 6, *а*), дуга соприкосновения невелика. При увеличении диаметра детали дуга соприкосновения увели-



Фиг. 6. Размеры дуги соприкосновения круга с деталью при различных видах шлифования:

а — наружное шлифование малых диаметров; *б* — наружное шлифование больших диаметров; *в* — плоское шлифование; *г* — внутреннее шлифование.

чивается (фиг. 6, *б*). При плоском шлифовании (фиг. 6, *в*) дуга соприкосновения значительно больше, чем при круглом наружном. Наибольшей величины дуга соприкосновения достигает при внутреннем шлифовании (фиг. 6, *г*).

Чем больше дуга соприкосновения, тем длиннее снимается стружка и тем тяжелее условия работы шлифовального круга, так как при большой дуге соприкосновения выделяется больше тепла, условия теплоотвода ухудшаются, и возникает опасность засорения круга снимаемой стружкой.

При большей дуге соприкосновения следует работать с меньшей глубиной резания, чтобы снимаемая стружка была тоньше, а сопротивление резанию меньше. При этом следует применять более мягкие круги. Для лучшего отвода тепла обрабатывае-

мые поверхности должны обильно и непрерывно охлаждаться жидкостью.

§ 6. ТЕПЛОТА, ОБРАЗУЮЩАЯСЯ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

В процессе шлифования возникает теплота, образующаяся в результате внешнего трения абразивных зерен и связки круга об обрабатываемую поверхность и вследствие трения частиц металла друг о друга при пластической деформации, сопровождающей процесс резания.

При шлифовании выделяется больше тепла, чем при резании металлическими инструментами. Во-первых, окружные скорости круга при шлифовании значительно превышают скорости резания обычными резцами. Во-вторых, что особенно важно, абразивные зерна, как правило, имеют отрицательные (тупые) передние углы, вследствие чего значительная часть энергии затрачивается на врезание их в металл и деформацию стружки. Это вызывает большее выделение тепла, а плохая теплопроводность шлифовального круга способствует почти полному переходу тепла в деталь.

При шлифовании металлов различают мгновенную температуру резания, развивающуюся в момент снятия стружки, и установившуюся температуру поверхности детали. Мгновенная температура на участках детали, непосредственно находящихся в зоне резания, достигает больших значений. Это приводит к шлифовочным ожогам поверхностного слоя детали, шлифовочным трещинам и другим дефектам поверхности.

Шлифовочный прижог. Под шлифовочным прижогом следует понимать местное изменение структуры поверхностного слоя шлифуемой детали в сторону ухудшения ее качества под воздействием высокой мгновенной температуры. Шлифовочный прижог уменьшает твердость и износостойкость поверхностного слоя. Причины появления ожогов следующие:

1) завышенный режим шлифования;

2) неудачный выбор шлифовального круга (слишком высокая твердость круга вызывает большое трение между кругом и деталью);

3) недостаточное охлаждение при шлифовании закаленных сталей;

4) небрежная наладка шлифовального станка, биение круга, некачественная установка детали в центрах станка;

5) затупление шлифовального круга.

Шлифовочные прижоги опознаются по наличию на поверхности детали цветов побежалости. Если степень прижога невелика. то последующим шлифованием можно удалить поврежденный слой и получить поверхность, свободную от этого дефекта. Прижо-

ги появляются и без цветов побежалости, их можно выявить травлением.

Шлифовочные трещины. Шлифовочные прижоги часто сопровождаются шлифовочными трещинами, особенно при шлифовании закаленных сталей. Такие трещины расположены чаще всего перпендикулярно направлению шлифования и бывают видны на поверхности детали в виде сетки. Причина их возникновения в чрезмерно высоких режимах шлифования, в неудачно подобранном или затупившемся в работе шлифовальном круге. Все это вызывает сильное нагревание детали в зоне резания и, как только этот участок поверхности освободится от воздействия шлифовального круга, происходит быстрое его охлаждение, приводящее к появлению мельчайших трещин. Трещины могут появиться и вследствие напряженности поверхностного слоя металла, полученной до шлифования.

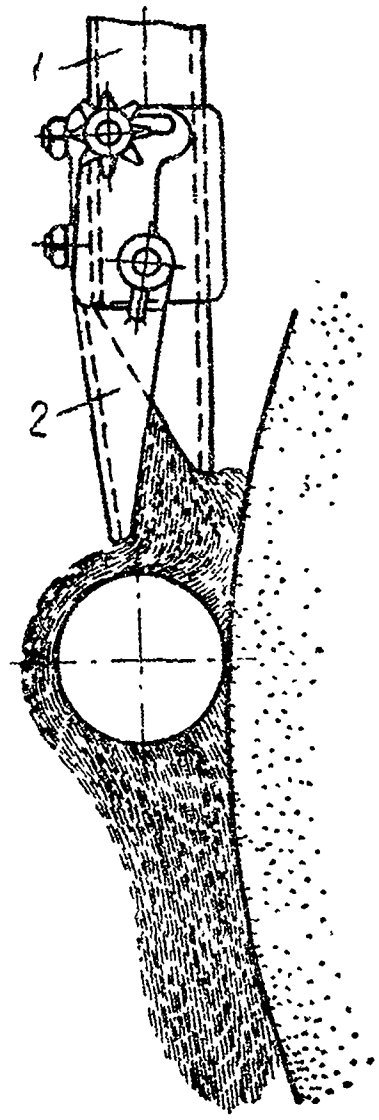
Температура детали. Температура детали во время шлифования зависит от многих причин и прежде всего от того, как производится шлифование: с охлаждением или без охлаждения. При шлифовании без охлаждения температура поверхностного слоя непрерывно увеличивается, так как лишь небольшая часть возникающей теплоты расходуется в окружающую среду в виде лучеиспускания, а бóльшая часть поглощается деталью. Приток тепла превышает его отвод. Температура детали зависит также от времени шлифования и толщины снимаемого слоя металла: с увеличением времени шлифования и толщины снимаемого слоя температура детали повышается.

При шлифовании охлаждающая жидкость предохраняет деталь от нагревания. Если образующееся тепло будет почти полностью отводиться охлаждающей жидкостью, то деталь, независимо от времени шлифования, будет нагреваться незначительно.

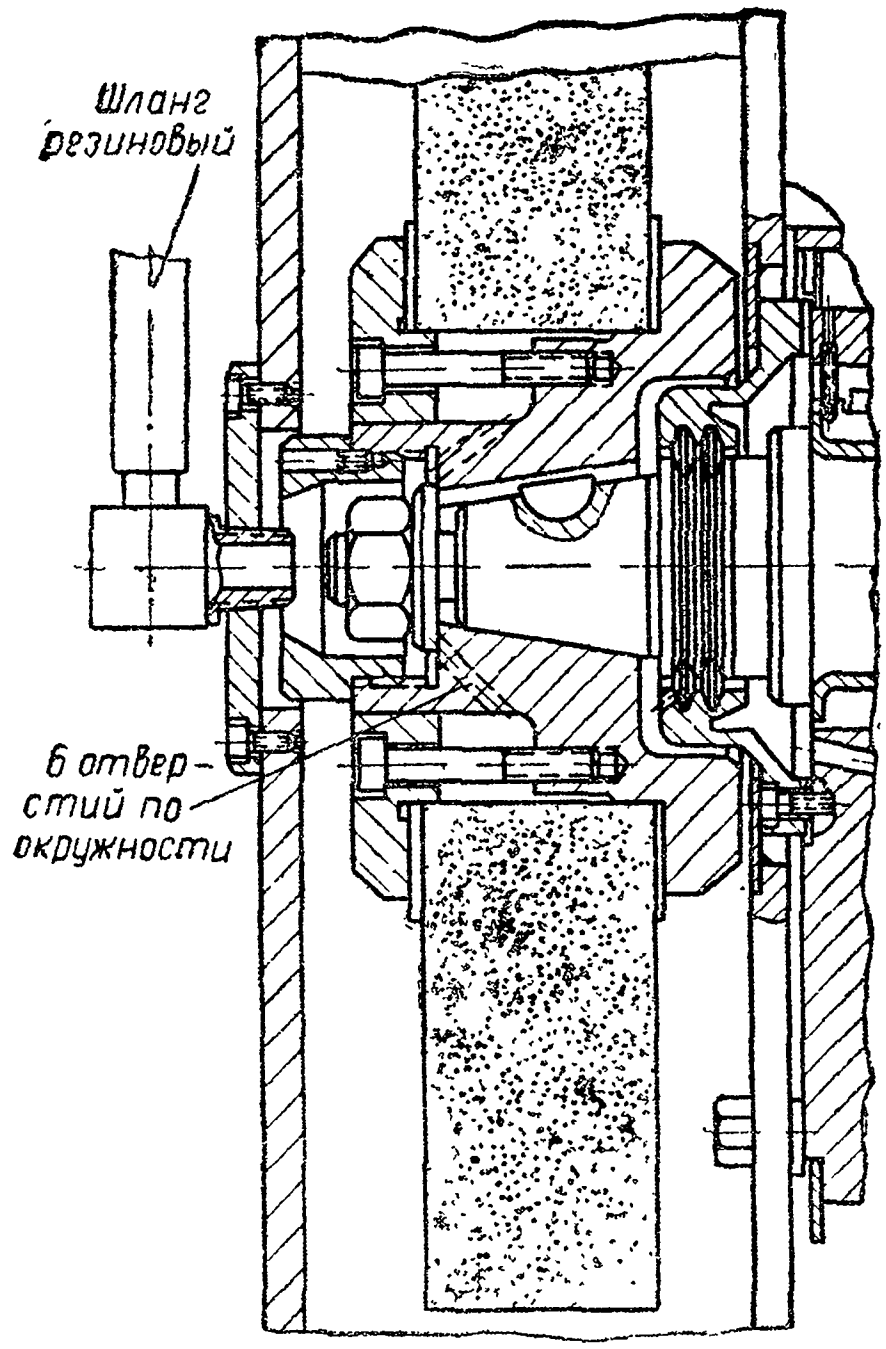
Охлаждение при шлифовании. Для поглощения выделяющегося тепла и удаления пыли применяют обильное охлаждение различными охлаждающими жидкостями. Чугун и медные сплавы можно шлифовать без охлаждения. Однако во всех случаях работы без охлаждения станки должны быть оборудованы пылесосами, удаляющими абразивную пыль. Большое значение имеет охлаждение при окончательном шлифовании, так как при точных измерениях температура измеряемой детали должна быть близка к температуре измеряющего инструмента. Охлаждающая жидкость, смывая абразивно-металлическую пыль, способствует улучшению качества шлифуемой поверхности.

Чем больше поверхность соприкосновения детали с шлифовальным кругом и чем тверже обрабатываемый материал, тем большее количество охлаждающей жидкости должно быть подве-

дено в зону шлифования. Охлаждающая жидкость должна подаваться на всю ширину шлифовального круга равномерно, в противном случае на поверхности детали появляются царапины. Количество подаваемой жидкости зависит от высоты шлифовального круга: на каждые 10 *мм* высоты круга расходуется примерно 5—8 *л/мин* жидкости.



Фиг. 7. Установка для подвода жидкости:
1 — подводящая труба;
2 — отклонитель струи.



Фиг. 8. Подача жидкости через шлифовальный круг.

Лучшим средством против разбрызгивания является заслонка — отклонитель струи, которая одновременно служит и для изменения количества подаваемой жидкости (фиг. 7). Эта заслонка направляет струю в то место, где она больше всего требуется.

Состав охлаждающей жидкости. Охлаждающие жидкости, применяемые при шлифовании, не должны иметь ядовитых примесей, вызывающих кожные заболевания у рабочих, не должны разъедать металл и краску.

Охлаждающая жидкость при шлифовании выбирается в зависимости от материала шлифуемой детали: 1) для чугунного

литья и ковкого чугуна применяют 1%-ный содовый раствор и 1,5%-ную эмульсию из эмульсола; 2) для меди, конструкционной и легированной инструментальной стали — 1%-ный содовый раствор, 1,5%-ную эмульсию из эмульсола и 0,5%-ный содовый раствор, содержащий 0,5% мыла; 3) для латуни и бронзы — 1%-ный содовый раствор, 1,5%-ную эмульсию из эмульсола и легкое минеральное масло; 4) для алюминия, дюралюминия — 1%-ный содовый раствор, легкое минеральное масло и эмульсию, содержащую 15% эмульсола, 5% сульфофрезола, 5% скипидара и 75% воды.

В современных шлифовальных станках охлаждающая жидкость подается непосредственно в зону шлифования сквозь поры шлифовального круга. Жидкость подводится в осевое отверстие шлифовального круга (фиг. 8). При таком охлаждении уменьшается температура детали не только за счет лучшего подвода жидкости, но и за счет меньшего трения шлифовального круга о поверхность резания, что, безусловно, уменьшает опасность появления прижогов и шлифовочных трещин на шлифуемой поверхности. Сквозь поры круга на керамической связке может подаваться вода, а снаружи — эмульсия. При комбинированном охлаждении сквозь поры круга подается масло [20]. В последнее время начали применять охлаждение распыленными жидкостями, подаваемыми в зону резания под давлением сжатого воздуха до 1,5 *кг/см*^{2}.

Загрязненность охлаждающей жидкости металлическими и абразивными примесями очень часто является одной из причин низкого качества прошлифованной поверхности. Необходимо тщательно очищать охлаждающую жидкость путем длительного отстаивания или пропускания ее через систему фильтров.

§ 7. ДЕЙСТВУЮЩИЕ СИЛЫ И НЕОБХОДИМАЯ МОЩНОСТЬ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Действие всех сил, возникающих при шлифовании, равноценно действию трех сил:

1) силы P_z, направленной по касательной к окружности шлифовального круга, представляющей собой силу резания;

2) силы P_y, представляющей собой силу давления шлифовального круга на деталь; эта сила действует в направлении радиуса шлифовального круга, находящегося в точке его касания с деталью, поэтому ее называют радиальной силой;

3) силы P_x, направленной вдоль оси шлифовального круга; это сила подачи.

На фиг. 9 показано расположение трех сил. Главная сила — это сила резания P_z, ее величиной определяется мощность, необходимая для шлифования.

В справочной литературе приводятся формулы для определения P_z, отражающие зависимость ее от элементов режима резания. Так, при наружном круглом шлифовании кругом ЭБ6СМ1К5 установлена зависимость

$$P_z = C_p v_д^{0,7} s^{0,7} t^{0,6},$$

где C_p — коэффициент, учитывающий свойства шлифуемого металла;

$v_д$ — окружная скорость детали в *м/мин*;

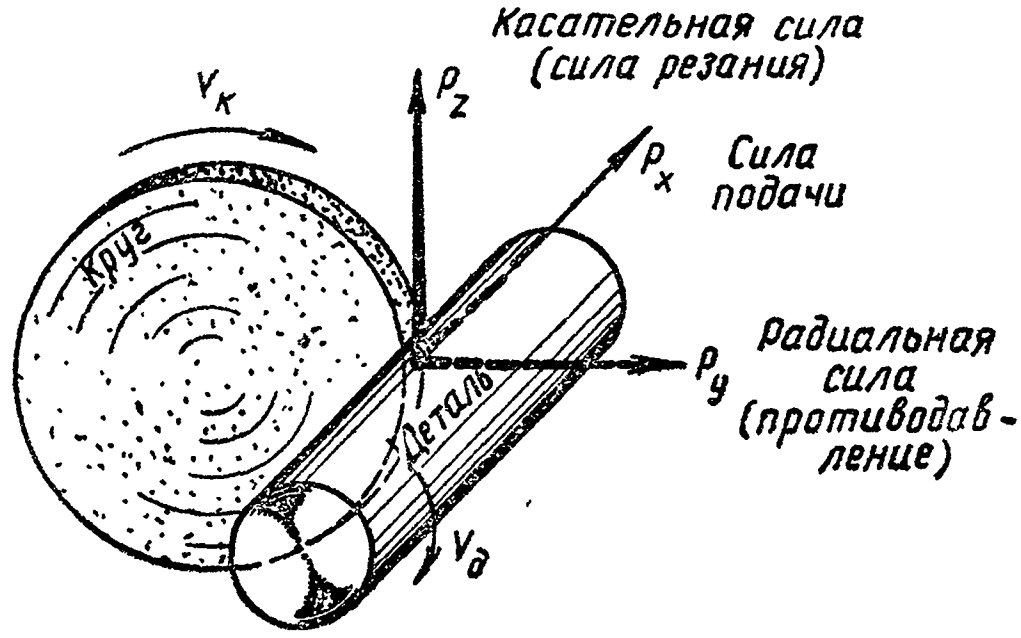
s — продольная подача на один оборот детали в *мм/об*;

t — глубина резания в *мм*;

$C_p = 2{,}2$ — при шлифовании закаленной стали;

$C_p = 2{,}1$ — при шлифовании незакаленной стали;

$C_p = 2{,}0$ — при шлифовании чугуна.



Фиг. 9. Силы, действующие при шлифовании.

Мощность $N_к$, затрачиваемую при шлифовании на вращение шлифовального круга, можно определить по формуле

$$N_к = \frac{P_z v_к}{75} \text{ л.с.}$$

Мощность $N_д$, затрачиваемую на вращение детали при шлифовании, можно определить по формуле

$$N_д = \frac{P_z v_д}{60 \cdot 75} \text{ л.с.}$$

Мощность, потребляемая для вращения шлифовального круга, вследствие большой скорости вращения шлифовального круга значительно больше мощности, идущей на вращение детали.

§ 8. ВЫБОР И УСТАНОВКА ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

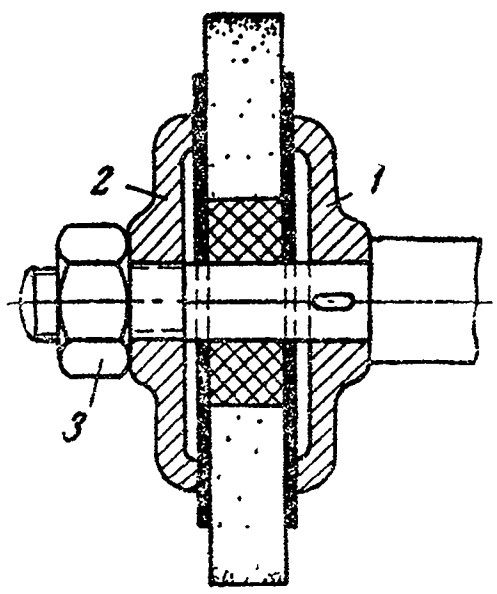
Шлифовальный круг следует выбирать для каждого отдельного случая обработки.

При шлифовании мягких металлов зерна притупляются медленнее, поэтому круг должен быть более твердым, чтобы зерна преждевременно не выкрашивались, а работали до полного их затупления. При обработке более твердых металлов затупление абразивных зерен происходит быстрее и, следовательно, шлифовальный круг должен быть мягче. Таким образом, существует правило: чем мягче материал детали, тем тверже должен быть круг, и наоборот.

Выбор зернистости круга зависит главным образом от величины припуска на размеры детали, заданной чистоты поверхности и точности размеров. Крупное зерно оставляет на обработанной поверхности грубые штрихи. Поэтому для грубого (обдирочного) шлифования следует применять крупнозернистые круги, а отделочные работы и доводку нужно производить мелкозернистыми кругами (см. стр. 275).

Установка шлифовальных кругов на шпинделе станка должна производиться очень тщательно. Неточно выверенный и неправильно закрепленный круг может разорваться во время работы и ранить рабочего. На шпиндель станка круг надевается свободно. Закрепление круга на шпинделе производится при помощи шайб и гайки (фиг. 10).

Неодинаковые по размеру или погнутые шайбы при затягивании гайки создают неравномерное давление на круг, что может привести к его разрушению и к аварии. По этой причине нельзя применять шайбы, не обработанные с внутренней стороны или не имеющие выточек. Между шайбами и кругом необходимо ставить упругие прокладки из кожи или резины, обеспечивающие равномерность зажима круга.



Фиг. 10. Крепление круга: *1* и *2* — шайбы; *3* — гайка.

§ 9. РЕЖИМ ШЛИФОВАНИЯ

Под режимом круглого наружного шлифования понимают окружную скорость шлифовального круга, поперечную и продольную, а также круговую подачу детали.

Окружная скорость шлифовального круга. Шлифовальные круги вращаются с большой скоростью. Каждая точка на наружной поверхности круга перемещается со скоростью от 20 до 60 *м/сек*, или от 70 до 220 *км/час*.

Путь, который проходит любая точка на поверхности круга в одну секунду, *называется окружной скоростью шлифовального круга.* Окружную скорость можно определить, если известен диаметр шлифовального круга и число оборотов в минуту.

Сказанное можно выразить формулой

$$v_к = \frac{\pi Dn}{60 \cdot 1000} \text{ м/сек},$$

где $v_к$ — окружная скорость круга в *м/сек*;

D — диаметр круга в *мм*;

n — число оборотов круга в минуту, об/мин.

Окружная скорость детали. Эта скорость, называемая иначе круговой подачей, значительно меньше окружной скорости круга. Определяют ее по формуле

$$v_д = \frac{\pi d n_д}{1000} \text{ м/мин},$$

где d — диаметр детали в *мм*;

$n_д$ — число оборотов в минуту, об/мин.

В знаменателе этой формулы нет числа 60, так как окружная скорость детали измеряется метрами в минуту, а не в секунду.

Окружная скорость детали при круглом шлифовании зависит от принятых продольных и поперечных подач, а также от диаметра шлифуемой детали.

Глубина шлифования. Величина поперечного перемещения шлифовального круга по направлению к обрабатываемой детали в конце каждого прохода при круглом шлифовании называется *глубиной шлифования,* или *поперечной подачей.* Глубина шлифования, или толщина слоя металла, снимаемого за один проход шлифовального круга, при круглом шлифовании колеблется в пределах от 0,005 до 0,08 *мм.*

Продольная подача. Продольной подачей при круглом шлифовании называется путь, пройденный деталью (или кругом) за время одного оборота шлифуемой детали. Величина продольной подачи при круглом шлифовании зависит от вида шлифования: при черновом шлифовании деталей, изготовленных из любых материалов, диаметром меньше 20 *мм,* подача принимается от 0,3 до 0,5H (где H — высота шлифовального круга); при черновом шлифовании деталей большего диаметра из закаленной стали — до 0,7H; для деталей из незакаленной стали — до 0,75H и для деталей из чугуна — до 0,85H; при чисто-

вом шлифовании подача составляет от 0,2 до 0,3H, независимо от материала и диаметра детали.

Все сказанное о продольной подаче при круглом шлифовании относится также и к плоскому шлифованию.

§ 10. ЧЕРНОВОЕ И ЧИСТОВОЕ ШЛИФОВАНИЕ

Под черновым шлифованием понимается предварительная обработка деталей для снятия излишнего слоя металла с наименьшей затратой времени. При чистовом шлифовании достигают заданную точность и чистоту поверхности. Поскольку при черновом шлифовании к качеству поверхности и точности обработки предъявляются невысокие требования, его выполняют обычно крупнозернистыми кругами с большой продольной подачей и глубиной шлифования. При этом твердость шлифовальных кругов должна быть выше твердости кругов, применяемых для чистового шлифования. Припуск на чистовую обработку составляет 0,1—0,3 от общего припуска на шлифование.

При чистовом шлифовании поперечная подача имеет очень небольшую величину, измеряемую тысячными долями миллиметра. Это позволяет удалить все риски, оставшиеся после чернового шлифования. Для получения заданной точности размеров детали после того, как удален весь оставленный припуск, дальнейшие проходы выполняются без поперечной подачи до тех пор, пока шлифовальный круг не перестанет искрить.

Разделение шлифовальных операций на предварительные и чистовые позволяет использовать на черновом шлифовании менее точное оборудование. В случае, когда и то, и другое шлифование производится на точных станках, необходимо применять при черновом шлифовании пониженные подачи, чтобы не вызвать быстрого износа и потери точности трущихся частей станка.

§ 11. СКОРОСТНОЕ ШЛИФОВАНИЕ

Скоростное шлифование предусматривает работу на более высоких окружных скоростях шлифовального круга. Опыт работы свидетельствует о большой эффективности этого метода, однако применение его требует решения ряда технических задач, связанных с дальнейшим совершенствованием процесса шлифования и станков. При скоростном шлифовании повышаются требования к жесткости шлифовального станка и к качеству шлифовальных кругов. Скоростное шлифование ведется специальными высокопористыми кругами со скоростью 50—70 *м/сек* вместо обычной окружной скорости 25—30 *м/сек*.

Круги, предназначенные для скоростного шлифования, имеют маркировку «50 *м/сек* — скоростной».

При скоростном круглом наружном шлифовании оптимальными режимами являются:

а) окружная скорость шлифовального круга 50 *м/сек*;

б) окружная скорость вращения детали 50 *м/мин*;

в) продольная подача 0,5 высоты шлифовального круга;

г) поперечная подача 0,02—0,01 *мм*.

В настоящее время проводятся исследовательские работы, направленные на то, чтобы в текущем семилетии изыскать возможность повышения скорости шлифовальных кругов до 90—100 *м/сек*.

При увеличении окружной скорости шлифовального круга уменьшается количество металла, снимаемого одним абразивным зерном за время его контакта с деталью. Это уменьшает площадь поперечного сечения стружки, величину силы резания P_z и величину нагрузки, приходящейся на одно абразивное зерно, но увеличивает общий объем металла, снимаемый абразивным кругом в единицу времени. Применение при скоростном шлифовании высокопористых шлифовальных кругов дает следующие преимущества:

1) уменьшается возможность появления прижогов и трещин на обработанной поверхности, так как большая пористость создает условия для лучшего отвода тепла от поверхности детали вследствие интенсивной циркуляции воздуха через тело круга;

2) снижается расход мощности на шлифование вследствие уменьшения трения связки о шлифуемую поверхность;

3) уменьшается возможность засаливания шлифовального круга; это свойство пористых кругов особенно ярко проявляется при высоких скоростях;

4) с увеличением скорости пористый круг улучшает свои режущие свойства, так как на больших скоростях резания его твердость как бы увеличивается, а износ уменьшается;

5) центробежные силы, возникающие при больших скоростях, и напряжения в высокопористом круге благодаря меньшему удельному весу ниже, чем у обычных.

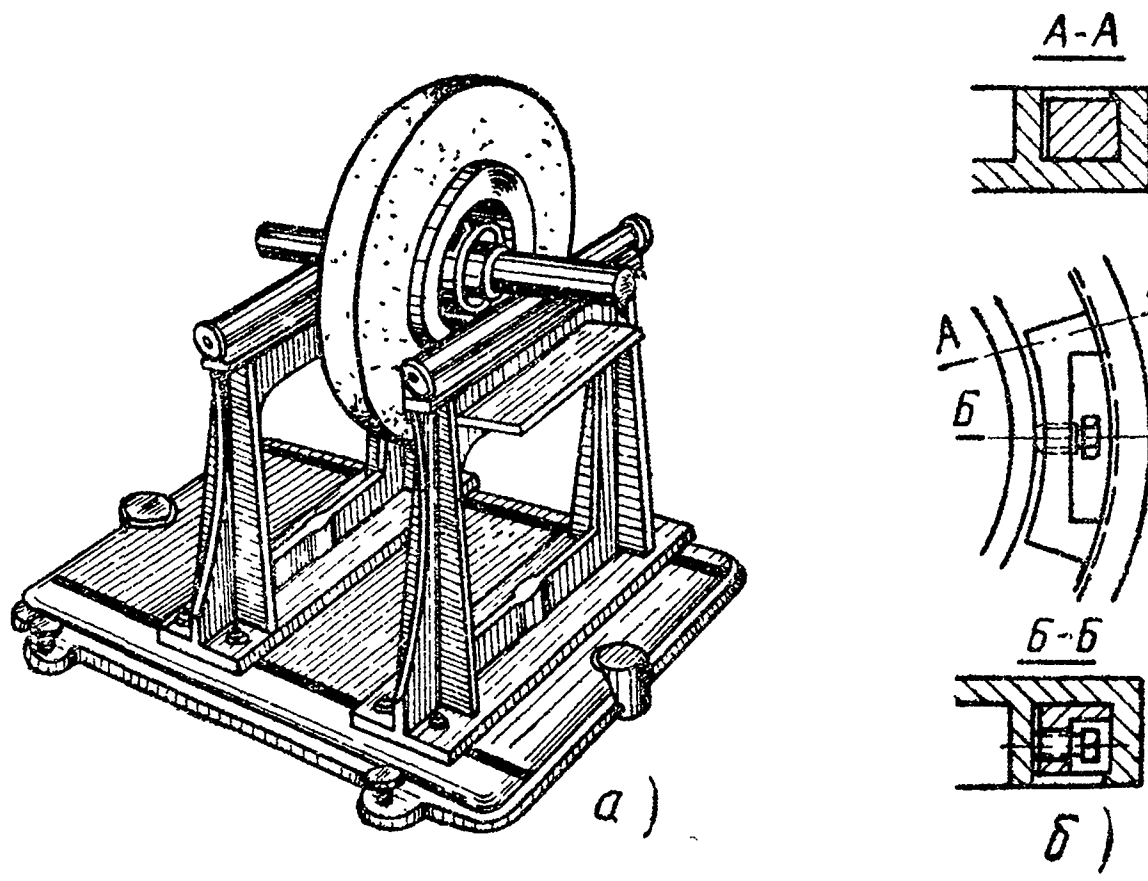
Скоростное шлифование увеличивает производительность труда путем увеличения глубины шлифования и подачи детали. Применение высоких скоростей шлифовального круга улучшает и качество шлифованной поверхности.

§ 12. БАЛАНСИРОВКА ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

Для точной и спокойной работы шлифовальный круг должен быть отбалансирован (уравновешен). Необходимость балансировки объясняется тем, что при работе неуравновешенным

шлифовальным кругом обработанная поверхность получается граненой, на ней появляются выхваты, а подшипники и шпинделя станка быстро изнашиваются.

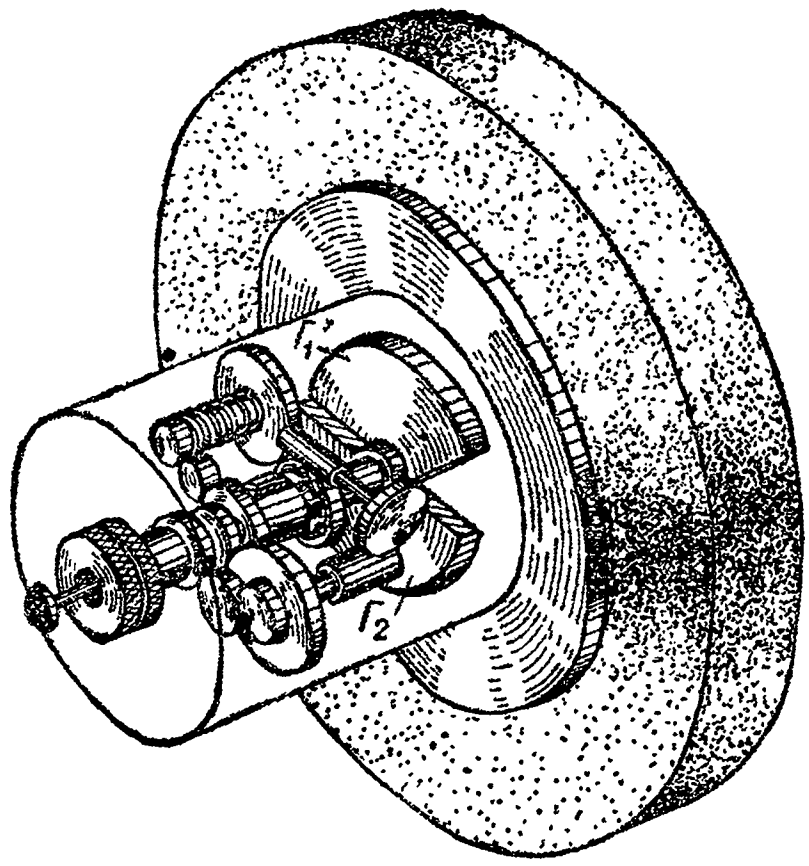
Особенно тщательно необходимо балансировать круги большого диаметра и большой высоты, работающие при высоких окружных скоростях. Причинами неуравновешенности шлифовальных кругов могут быть: неодинаковая плотность материала, неправильная форма наружной поверхности, эксцентричное расположение отверстия по отношению к наружной поверхности круга и эксцентричная установка на шпинделе станка.



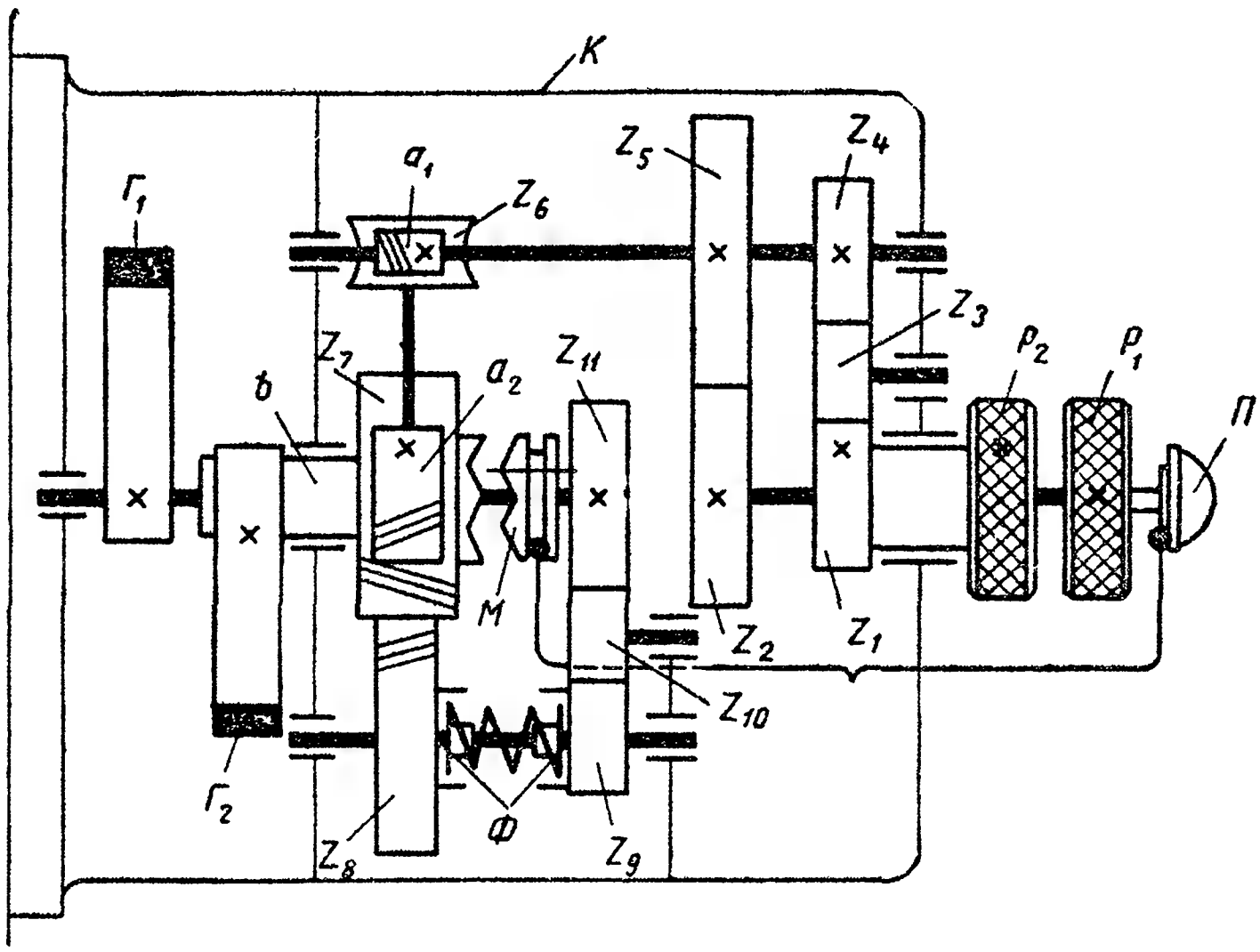
Фиг. 11. Приспособление для балансировки круга (*а*) и схема крепления грузика (*б*).

Балансировка шлифовальных кругов может производиться до установки их на станок на балансировочных приспособлениях или же с помощью специального механизма без снятия кругов со станка. Приспособления для балансировки шлифовальных кругов отличаются друг от друга главным образом характером опор для установки оправки. Опорами могут быть: призмы, диски и цилиндрические валики. У изображенного на фиг. 11 приспособления опорами для установки оправки с кругом служат два цилиндрических валика.

На шпинделе станка шлифовальные круги закрепляются с помощью шайб, в кольцевых выточках которых размещаются специальные грузики — сегменты для балансировки кругов. Круг закрепляется на специальной оправке и ставится на опоры балансировочного приспособления. Неуравновешенный круг более тяжелой частью повернется вниз. Перемещая в



Фиг. 12. Пространственная схема балансировочного приспособления:
$Г_1$ и $Г_2$ — грузики.



Фиг. 13. Кинематическая схема балансировочного приспособления конструкции ЭНИМС.

шайбах грузики, добиваются, чтобы круг в любом положении на опорах оставался в покое.

Все круги диаметром более 125 *мм* и высотой 8 *мм* должны балансироваться перед установкой на станок.

Перед балансировкой шлифовальный круг очищают от шлама, а затем внимательно осматривают, чтобы убедиться в отсутствии трещин. Круги с трещинами к работе непригодны и к балансировке не допускаются. Балансировочное приспособление должно быть установлено на ровной поверхности и тщательно выверено по уровню, только после этого можно приступить к балансировке.

Основным недостатком описанного метода балансировки шлифовальных кругов является его длительность.

В ЭНИМС разработана и опробована конструкция приспособления (фиг. 12), которое дает возможность балансировать шлифовальные круги при окружной скорости до 70 *м/сек*, не снимая их со станка. Корпус приспособления укрепляется на наружном фланце планшайбы шлифовального круга и в процессе шлифования вращается вместе с кругом.

На фиг. 13 показана кинематическая схема балансировочного приспособления. Корпус K приспособления жестко связан со шпинделем. Балансирующими элементами являются секторы $Г_1$ и $Г_2$, которые поворачиваются относительно друг друга для установки центра тяжести их против дисбаланса шлифовального круга путем изменения угла между ними. Для вращения секторов служат рукоятки P_1 и P_2.

Если останавливают рукоятку P_1, зубчатое колесо z_2 становится неподвижным, и вокруг этого неподвижного колеса начинает обкатываться колесо z_5, приводя во вращательное движение две червячные передачи, $\frac{a_1}{z_6}$ и $\frac{a_2}{z_7}$, а следовательно, втулку b, несущую сектор — груз $Г_2$. Если втулка b сцеплена муфтой M с валом, несущим сектор $Г_1$, то оба сектора вращаются как одно целое. При этом вращаются колеса z_8 и z_9, которые связаны с валом фрикционными муфтами $Ф$. Для изменения угла между секторами муфта M выключается и сектор $Г_1$ получает движение от шестерни z_7 через колеса z_8, z_9, z_{10} и z_{11}. Включение и выключение муфты M осуществляется стержнем $П$ и тягой, связанной с муфтой. Тяга проходит через полый вал. Вращение в обратном направлении передается через шестерни z_1, z_3 и z_4 при остановленной рукоятке P_2.

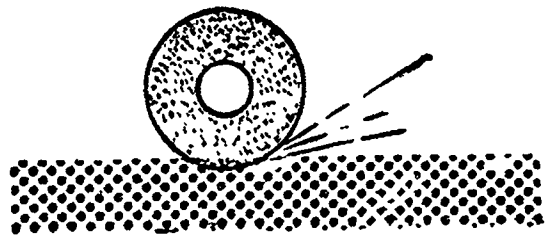
При балансировке шлифовального круга пользуются виброметром. Путем вращения секторов $Г_1$ и $Г_2$, как одного целого, находят такое положение, при котором вибрации шлифовальной бабки будут минимальными. Далее путем изменения угла

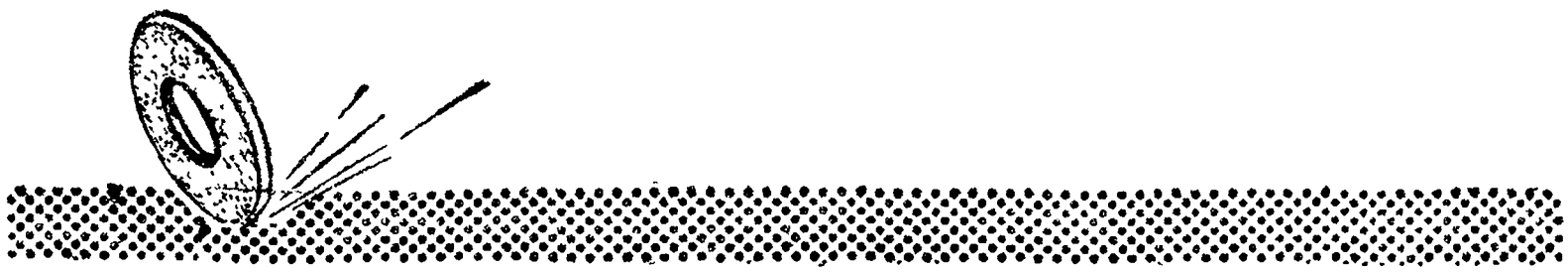
между секторами добиваются прекращения вибраций. При таком методе балансировки хорошо уравновешивается вся система, что ведет к повышению качества балансировки и резкому сокращению вспомогательного времени. Применение нового метода балансировки шлифовальных кругов дает возможность повысить качество и производительность процесса шлифования.

В экспериментальном научно-исследовательском институте металлорежущих станков (ЭНИМС) созданы опытные шпиндели шлифовальных станков, снабженные шариками для автоматической балансировки кругов. Эти шарики располагаются в корпусе приспособления, устанавливаемого перед кругом на переднем конце шпинделя.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем состоит процесс шлифования металлов?
2. Перечислите особенности процесса шлифования.
3. Назовите основные виды шлифования.
4. Какие материалы применяют при изготовлении шлифовальных кругов?
5. Что такое характеристика шлифовального круга?
6. Что понимают под зернистостью, связкой и твердостью шлифовального круга и как они условно обозначаются?
7. Что такое структура шлифовального круга?
8. Расскажите о маркировке шлифовальных кругов.
9. От чего зависит толщина стружки при наружном круглом шлифовании?
10. Назовите способы шлифования, имеющие наибольшую и наименьшую дугу соприкосновения при одинаковой глубине шлифования.
11. Что такое шлифовочный прижог и шлифовочная трещина?
12. Для чего необходимо применять охлаждение при шлифовании?
13. Какие силы действуют на шлифуемую деталь в процессе шлифования?
14. Перечислите правила закрепления кругов на шлифовальных станках.
15. В чем сущность скоростного шлифования?
16. С какой целью выполняют балансировку шлифовальных кругов?





ГЛАВА ВТОРАЯ

ДОПУСКИ, ПОСАДКИ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

§ 1. ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ

Если детали изготовляются с такой точностью, что они могут быть поставлены при сборке на свое место в машине без дополнительной обработки или пригонки, то они называются *взаимозаменяемыми.*

Взаимозаменяемость является основой массового производства, так как она дает возможность:

1) изготовлять не только целые машины, но и запасные части к ним, что удешевляет и упрощает ремонт и эксплуатацию машин; при наличии взаимозаменяемых деталей ремонт машины сводится, главным образом, к удалению поломанной или изношенной детали и установке на ее место новой в очень короткое время;

2) сократить время сборки машин и необходимые для этой цели производственные площади за счет устранения пригоночных работ;

3) осуществить специализацию заводов (выпуск заводом определенного изделия или части его) и их широкое кооперирование (совместная работа нескольких заводов над выпуском одной и той же продукции) по изготовлению отдельных деталей или узлов машины; примерами специализации заводов могут служить заводы по изготовлению шарикоподшипников и автомобильных шин.

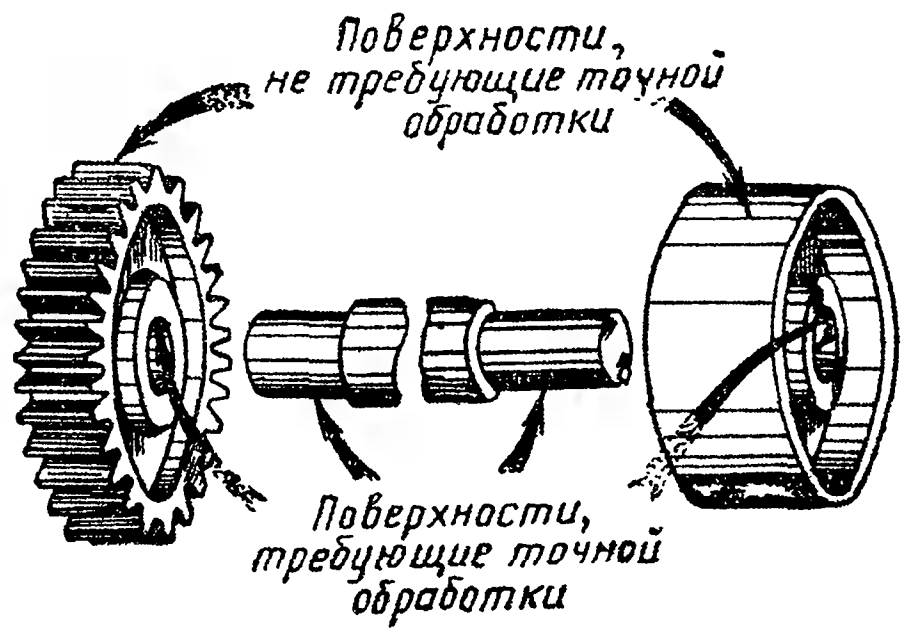
Принцип взаимозаменяемости на современном машиностроительном заводе соблюдается не только при механической обработке и сборке, но и во всех заготовительных цехах завода.

§ 2. ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ

Точность обработки — это степень приближения действительного размера детали к размеру, указанному на чертеже.

Чем меньше разность между действительным размером и размером, проставленным на чертеже, тем выше точность обработки.

Получить высокую точность исполнения размера трудно, а добиться абсолютной точности невозможно. Требования к точности отдельных размеров различны и зависят от их назначения и требований, которым должна удовлетворять работа машины. Нет, например, никакой необходимости точно выполнять размеры тех поверхностей, которые не сопрягаются с поверхностями других деталей (фиг. 14). Наоборот, поверхности соприкосновения должны быть обработаны с необходимой высокой степенью точности. Так, нецелесообразно точное исполнение наружных поверхностей ручек рычагов управления машиной. Наоборот, необходимо точно обрабатывать центральные отверстия у зубчатых колес, шкивов, а также наружные цилиндрические поверхности валов, входящие в эти отверстия.



Фиг. 14. Свободные и сопрягаемые поверхности деталей.

§ 3. ПОНЯТИЕ О ДОПУСКАХ И ПОСАДКАХ

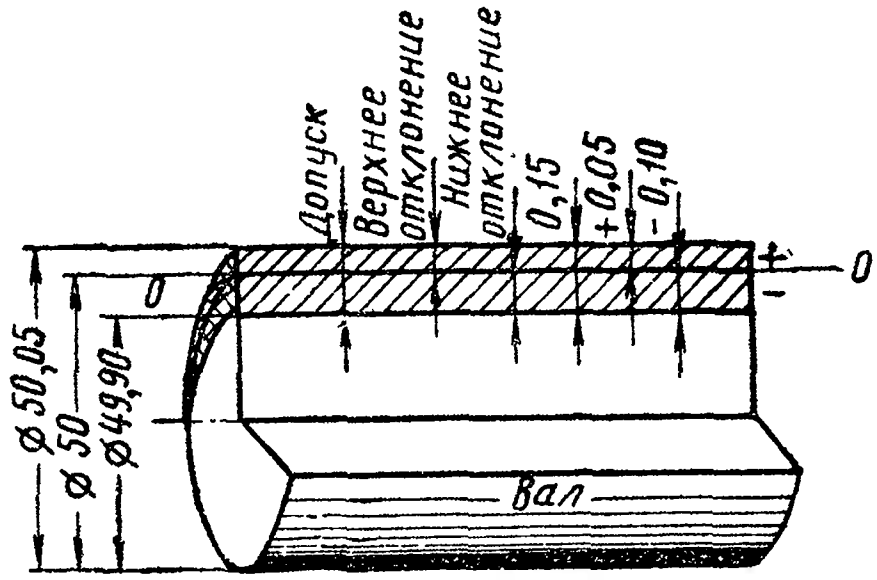
Самым распространенным видом соединения двух деталей в машине служит соединение цилиндрического стержня с такой же втулкой. Когда идет речь о точности обработки, первую сопрягаемую поверхность принято называть валом, вторую — отверстием. Так, в соединении поршень — цилиндр наружная поверхность поршня соответствует поверхности вала или просто валу, а внутренняя поверхность цилиндра — отверстию. В соединении призматической шпонки с канавкой вала шпонку условно называют валом, а паз, выполненный на валу для установки шпонки, — отверстием.

Номинальные размеры. Размер, который получается в результате расчета и проставляется на чертеже, называется *номинальным*. Однако не любой расчетный размер может быть принят за номинальный. Ограничения в выборе номинальных размеров обусловлены тем, чтобы в производстве применялось меньшее количество типоразмеров режущих и измерительных инструментов.

Предельные размеры. Чтобы указать границы, между которыми может находиться номинальный размер, необходимо устанавливать его наибольшие и наименьшие величины, называемые *предельными размерами.* Один из них называется *наибольшим,* другой *наименьшим* предельным размером.

Разность между наибольшим предельным размером и номинальным называется *верхним отклонением.* Разность между наименьшим предельным размером и номинальным называется *нижним отклонением.*

Допуск. Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами называется *допуском.* Допуск показывает неточность, с которой разрешается выполнить номинальный размер.



Фиг. 15. Основные понятия о допусках.

Пусть, например, требуется изготовить вал (фиг. 15), номинальный диаметр которого равен 50 *мм.* Наибольший допустимый диаметр этого вала по заданию может быть равен 50,05 *мм*, а наименьший 49,90 *мм. Линия ОО*, показанная на фиг. 15, ограничивает номинальный диаметр детали.

Для данного случая наибольшим предельным размером будет 50,05 *мм*, наименьшим 49,90 *мм.* Разность 50,05 — 49,90 = =0,15 *мм* и составляет допуск. Верхнее отклонение равно 50,05—50,00 = +0,05 *мм.* Знак плюс указывает, что верхнее отклонение лежит выше линии *ОО*, т. е. выше линии номинального размера. Нижнее отклонение равно 49,90—50 = —0,10 *мм.* Знак минус указывает, что нижнее отклонение лежит ниже линии номинального размера.

Диаметр вала, полученный после обработки, называют действительным размером. Этот размер может иметь любые промежуточные значения между 50,05 и 49,90 *мм* и определяется непосредственно измерением.

Проставление допусков на чертежах. На чертеже в нашем примере номинальный размер и его отклонения обозначаются так: $50^{+0,25}_{-0,10}$. Отклонения, равные нулю, на чертеже не проставляются. В этом случае наименьший размер равен номинальному. Предположим, что на чертеже проставлен размер $50^{+0,3}$. Здесь верхнее отклонение равно +0,3 *мм*, нижнее 0.

Наибольший предельный размер равен 50,3, наименьший предельный размер 50 *мм*; допуск равен 50,3—50=0,3 *мм*. При одинаковых числовых значениях верхнего и нижнего предельных отклонений проставляется их общая величина со знаками ±. Например, вместо $45^{+0,2}_{-0,2}$ проставляется $45\pm0,2$.

Зазоры и натяги. *Зазором* называется разность между диаметром отверстия и диаметром вала, если диаметр отверстия больше диаметра вала. Наибольший зазор представляет собой разность между наибольшим предельным размером отверстия и наименьшим предельным размером вала. Наименьший зазор — это разность между наименьшим предельным размером отверстия и наибольшим предельным размером вала.

Рассмотрим это на примере. Пусть диаметр вала равен $30^{-0,02}_{-0,04}$ *мм*, а диаметр отверстия $30^{+0,027}$. Тогда наибольший предельный размер вала будет равен 30—0,02=29,98, а наименьший 30—0,04=29,96 *мм*. Допуск в данном случае определяется следующим образом: 29,98—29,96=0,02 *мм*. Наибольший предельный размер отверстия вычисляется так: 30+0,027= =30,027 *мм*. Понятно, что наименьший предельный размер отверстия равен 30 *мм*, а допуск 30,027—30,000=0,027 *мм*. В этом соединении диаметр вала меньше диаметра отверстия, следовательно, между отверстием и валом есть зазор. Наибольший зазор равен 30,027—29,960=0,067 *мм*; наименьший зазор 30—29,98= =0,02 *мм*.

Натягом называется разность между диаметром вала и диаметром отверстия, если диаметр вала больше диаметра отверстия. Наибольший натяг — разница между наибольшим предельным размером вала и наименьшим предельным размером отверстия. Наименьший натяг — разница между наименьшим предельным размером вала и наибольшим предельным размером отверстия.

Проиллюстрируем сказанное примером. Диаметр вала $35^{+0,10}_{+0,05}$, диаметр отверстия $35^{+0,027}$ *мм*. Наибольшим предельным размером вала будет 35,10 *мм*, наименьшим 35,05 *мм*. Допуск равен 35,10—35,05=0,05 *мм*; наибольший предельный размер отверстия равен 35,027 *мм*, наименьший 35 *мм*. Допуск соответствует величине 0,027 *мм*. В этом соединении диаметр вала больше диаметра отверстия и, следовательно, существует натяг. Наибольший натяг равен 35,10—35=0,10 *мм*, наименьший 35,05—35,027=0,023 *мм*.

Посадки. Сопряжения поверхностей деталей друг с другом зависят от условий работы этих деталей в машине. Например, если вал должен вращать насаженный на него шкив или, на-

оборот, шкив должен передавать вращение валу, сопряжение их должно быть неподвижным. В других случаях соединение должно позволять свободное перемещение одной детали относительно другой (например, вал в подшипнике). Подобный характер соединения двух деталей, определяемый величиной зазора или натяга, называется *посадкой.*

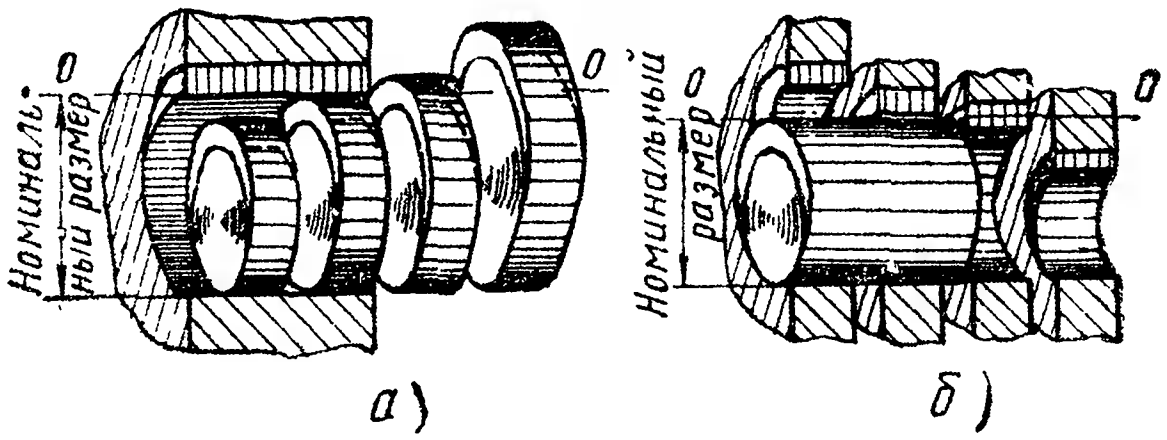
Существуют две основные группы посадок: неподвижные и подвижные.

Посадкам, согласно ОСТ, присвоены следующие наименования и обозначения (в порядке убывающих натягов и возрастающих зазоров):

Неподвижные посадки		Подвижные посадки	
Горячая	Гр	Скользящая	С
Прессовая	Пр	Движения	Д
Глухая	Г	Ходовая	Х
Тугая	Т	Легкоходовая	Л
Напряженная	Н	Широкоходовая	Ш
Плотная	П		

Система допусков. Система допусков подразделяется на систему отверстия и систему вала (фиг. 16).

В системе отверстия предельные размеры отверстия остаются постоянными для всех посадок одного и того же класса точности, а различные зазоры и натяги осуществляются за счет



Фиг. 16. Система допусков:
а — система отверстия; *б* — система вала.

изменения предельных размеров вала. Следовательно, отверстие имеет только одно верхнее отклонение; его нижнее отклонение равно нулю. Таким образом, допуск отверстия в данной системе всегда направлен в сторону увеличения его диаметра (в тело) и имеет знак плюс, а допуски вала могут иметь как положительные, так и отрицательные значения.

В системе вала, наоборот, предельные размеры вала остаются постоянными для всех посадок. Зазоры же и натяги осуществляются за счет изменения предельных размеров отверстия. В этой системе вал имеет только одно нижнее отклонение. Сле-

довательно, допуск вала здесь всегда будет направлен в сторону уменьшения его диаметра и будет иметь знак минус.

Большинство отраслей машиностроительной промышленности пользуется главным образом системой отверстия. Это объясняется тем, что такая система имеет большие преимущества по сравнению с системой вала. Дело в том, что система отверстия требует применения меньшего количества типоразмеров режущих и измерительных инструментов. Это видно из следующего. При окончательной обработке отверстия по данной системе потребуется, например, только одна нормальная развертка. При обработке же такого отверстия на различные посадки по системе вала (например, при втором классе точности) потребуется 12 разверток. Обработка же валов на разные посадки не требует подобных режущих инструментов. Валы могут быть обработаны универсальными инструментами. Так же обстоит дело с измерительным инструментом. Выбор системы допусков зависит от конкретных условий работы.

Классы точности. В СССР принято десять классов точности: 1, 2, 2а, 3, 3а, 4, 5, 7, 8 и 9. Место 6 класса свободно; 1 класс точности имеет самые жесткие допуски и применяется редко, например, для ответственных сопряжений в точных приборах, в измерительных и делительных машинах; 2 класс точности имеет значительно большее распространение; он применяется в точном машиностроении, станкостроении и автотракторостроении. Класс точности 2а применяется в автотракторостроении, общем машиностроении и в точной механике; 3 класс точности применяется в тех случаях, когда требования к однородности посадок не так велики, как во 2 классе точности. Этот класс точности широко применяется в точной механике, общем машиностроении и автотракторостроении. Для получения 3 класса точности достаточно выполнить операцию сверления и один проход зенкером с последующим развертыванием чистовой разверткой. При тщательной работе и хорошем оборудовании 3 класс точности можно получить чистовым растачиванием. Для получения валов этого класса применяют шлифование или чистовую обточку.

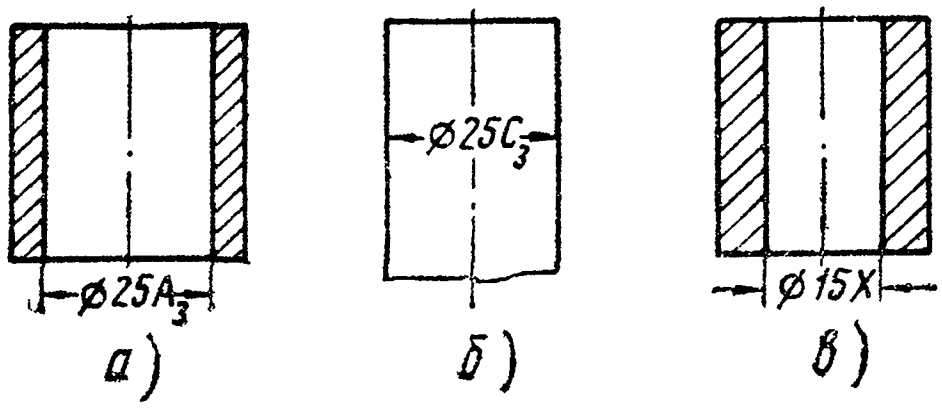
Для деталей общего машиностроения, тепловозостроения и сельскохозяйственного машиностроения применяется 4 класс точности. Отверстия 4 класса точности обычно получают сверлением по кондукторам или чистовым растачиванием на токарных станках.

Шлифовщику приходится иметь дело с первыми четырьмя классами точности.

На чертежах вместе с размером условно обозначают посадку и класс точности. Отверстие в системе отверстия обозна-

чается буквой А, вал в системе вала — буквой В. Вал в системе отверстия сокращенно обозначается той посадкой, которую вал создает. Отверстие в системе вала сокращенно обозначается той посадкой, которую создает отверстие. Числовые значения отклонений выбирают по таблицам.

На фиг. 17, *а* изображена втулка. Отверстие диаметром $25A_3$ следует изготовить согласно обозначению на чертеже по системе отверстия и 3 классу точности. По таблице ОСТ 1013 отклонение отверстия равно 45 микронам; для всех посадок наибольший предельный размер отверстия равен 25,045 *мм*; наименьший предельный размер отверстия будет 25,00 *мм*.



Фиг. 17. Обозначение допуска на чертеже.

На фиг. 17, *б* изображен вал диаметром $25C_3$. По таблице ОСТ 1013 для вала диаметром 25 *мм* отклонение равно 45 микронам. Наибольший предельный размер вала равен 25 *мм*, а наименьший его предельный размер 24,955 *мм*.

На фиг. 17, *в* показана втулка диаметром 15Х — ходовая посадка 2 класса точности по системе вала. По таблице ОСТ 022 для данного диаметра вала отклонение равно 12 микронам.

§ 4. КАЧЕСТВО ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Современная машиностроительная промышленность предъявляет высокие требования к качеству обработанной поверхности. Быстроходные металлорежущие станки, турбины, авиационные двигатели и другие ответственные машины и механизмы будут работать безукоризненно, если их детали и узлы изготовлены с надлежащей степенью точности и имеют высокое качество поверхности.

Качество любой обработанной поверхности следует рассматривать с двух сторон: геометрической и физической. Обработанные поверхности имеют, прежде всего, отклонения от заданной геометрической формы; такие погрешности характеризуют макро- и микрогеометрию поверхности.

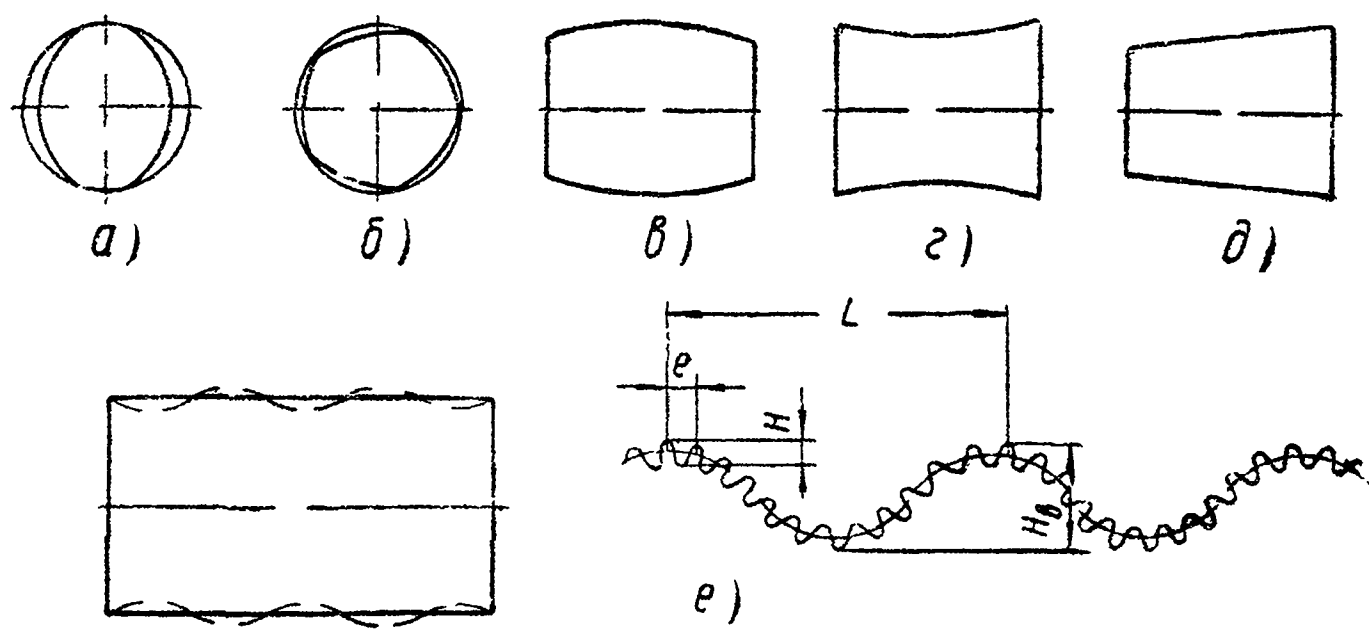
Макрогеометрия поверхности. При шлифовании цилиндрических поверхностей их макрогеометрия (искажение геометрической формы) характеризуется бочкообразностью, конусностью, огранкой, овальностью, вогнутостью и т. п. На фиг. 18 показа-

ны возможные отклонения геометрической формы от заданной. Дадим краткую характеристику этих погрешностей и причин возникновения их.

Под овальностью (фиг. 18, *а*) понимают разность между наибольшим и наименьшим диаметром детали в одном и том же его поперечном сечении. Овальность цилиндрической поверхности детали получается в результате:

а) овальности шейки шлифовального шпинделя или вкладыша подшипника;

б) биения шпинделя передней бабки станка;



Фиг. 18. Макронеровности (искажение геометрической формы).

в) биения обрабатываемой поверхности (если припуск на шлифование окажется меньше величины биения);

г) несовпадения оси детали (при шлифовании в центрах) с осью вращения шпинделя при условии, что величина этого смещения будет больше величины припуска на шлифование;

д) неуравновешенности детали и др.

Огранка (фиг. 18, *б*) — это отклонение от круглого сечения детали; при огранке сечение получается в виде многогранника с дугообразными сторонами. Огранку вызывают вибрации шпинделя шлифовального круга или несбалансированность самого круга.

Бочкообразность (фиг. 18, *в*) — погрешность формы детали, возникающая в результате прогиба детали под влиянием сил резания при обработке ее в центрах или же в патроне с задним центром.

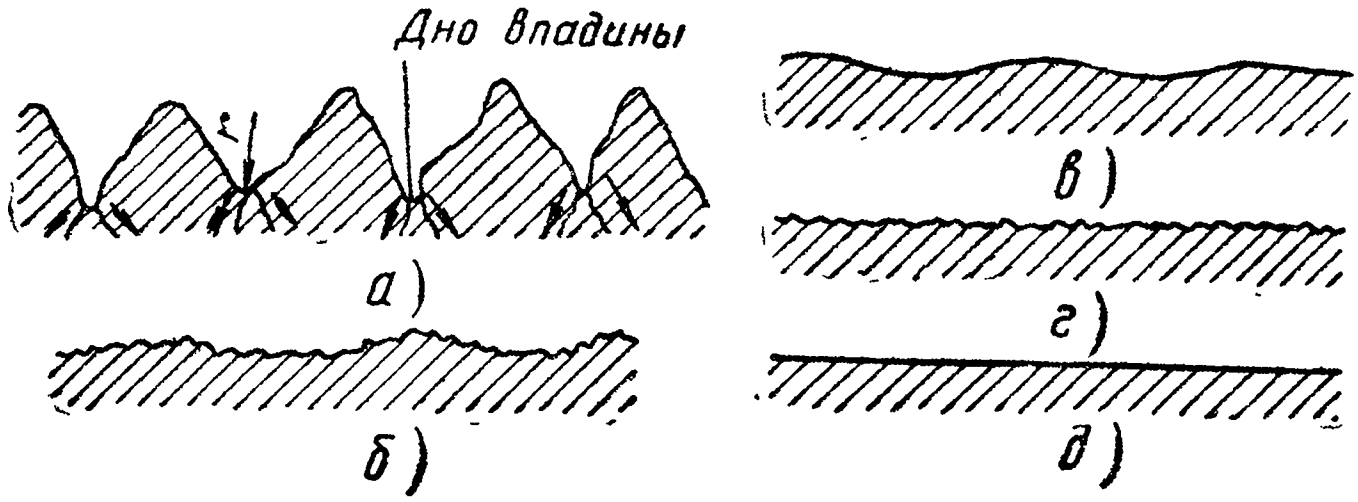
Вогнутость (фиг. 18, *г*) — погрешность формы, получающаяся в результате постепенного утонения обработанной детали к середине. Вогнутость появляется вследствие нежесткости станка.

Конусность (фиг. 18, *д*) может появиться вследствие непараллельности направляющих стола и линии центров; из-за не-

совпадения осей переднего и заднего центров, передней и задней бабок и т. д.

Волнистость поверхности характеризуется непрямолинейностью ее образующих и может образоваться в результате вибраций станка и детали. На фиг. 18, *е* слева показана деталь с волнистой поверхностью, справа — профиль волнистости детали. Отношение шага волны L к ее высоте $H_в$ изменяется в пределах от 50 до 1000. Для сравнения показана высота H и шаг e микронеровностей.

Микрогеометрия поверхности. На обработанной поверхности детали образуются и различные микроскопические неровности в виде гребешков и впадин, определяющих шероховатость поверхности, или ее микрогеометрию. На фиг. 19 видно,



Фиг. 19. Поверхности разного качества:
а — неровности после обработки; *б* — неровная шероховатая поверхность; *в* — неровная гладкая поверхность; *г* — ровная шероховатая поверхность; *д* — ровная гладкая поверхность.

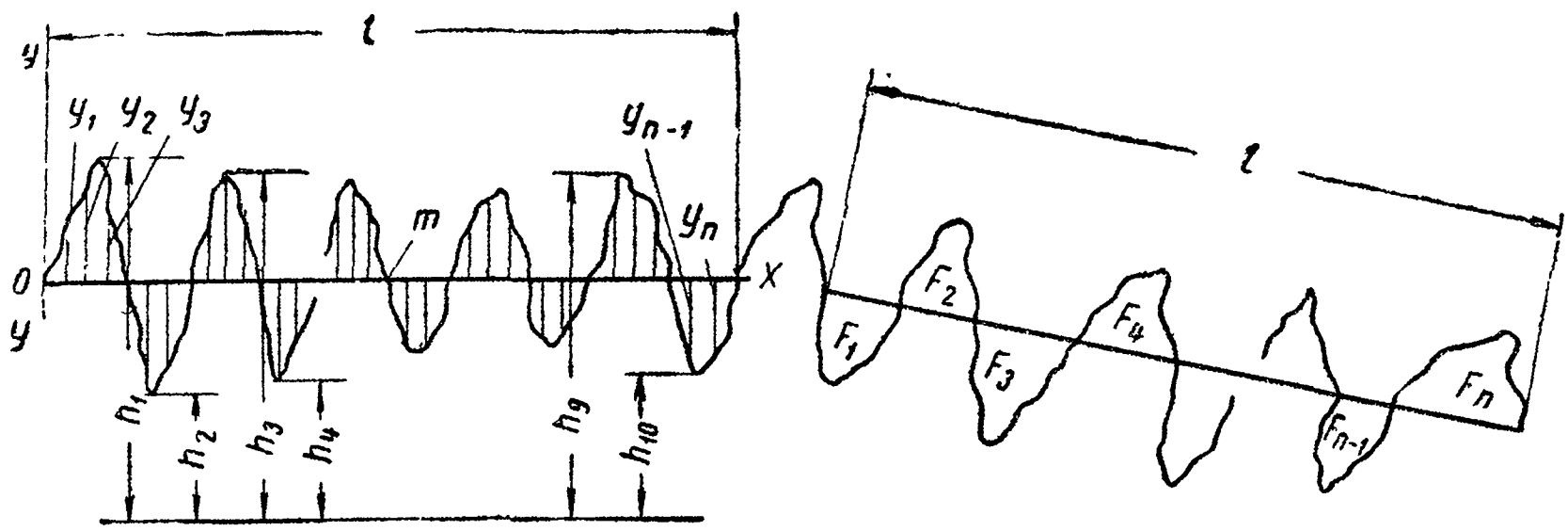
что обработанная поверхность имеет мельчайшие зубчики. Микронеровности характеризуют степень гладкости поверхности.

К дефектам чистоты (гладкости) поверхности относят риски, царапины, следы дробления. Риски и царапины образуются при работе крупнозернистым шлифовальным кругом или при неудовлетворительной его правке и большой глубине шлифования.

Следы дробления — это часто встречающийся и трудно устранимый дефект шлифования. Дробленая поверхность имеет вид мелких волн — ряби. Причины ее образования — наличие большого зазора в подшипниках шпинделя; неуравновешенность детали при вращении ее вместе со шпинделем; плохая сшивка приводного ремня и большие зазоры между направляющими бабки шлифовального шпинделя. На образование следов дробления также влияют недостаточность смазки, вибрации других близко расположенных станков и машин, непра-

вильный выбор режима шлифования. Однако главная причина дробления — неуравновешенность шлифовального круга.

Чистота обработанной поверхности. При обработке деталей на металлорежущих станках не удается получить идеально гладкие поверхности. На обрабатываемых поверхностях всегда остаются шероховатости (неровности) в виде гребешков и впадин разной формы и размеров. Эти неровности отчетливо видны после грубой обработки, а после чистовой обработки их можно обнаружить лишь с помощью специальных приборов. На фиг. 20 в увеличенном виде показан рельеф участка обработанной поверхности.



Фиг. 20. Рельеф участка обработанной поверхности.

ГОСТ 2789—59, действующий с 1 января 1962 г., дает классификацию шероховатостей поверхности и следующие понятия.

Неровности — выступы и впадины на обработанной поверхности.

Шаг неровностей — расстояние между вершинами характерных неровностей.

Базовая длина l — минимальная длина участка поверхности, необходимая для надежного определения характеристики шероховатостей. В табл. 5 приведены численные значения неровностей.

Как видно из табл. 5, стандарт предусматривает 14 классов чистоты поверхности. Классы чистоты 6—14 делятся дополнительно на разряды. Если задается один из этих классов чистоты без указания разряда, то максимальные числовые значения шероховатостей совпадают со значениями для разряда a.

Средняя линия профиля m неровностей располагается так, что суммы площадей по обе стороны от нее равны

$$F_1+F_3+\ldots+F_{n-1}=F_2+F_4+\ldots+F_n.$$

Шероховатость поверхности определяется средним арифметическим отклонением профиля R_a и высотой неровностей R_z.

Таблица 5

Классификация шероховатостей поверхности
(по ГОСТ 2789—59)

Класс чистоты поверхности	Среднее арифметическое отклонение профиля R_a в *мм*			Высота неровностей R_z в *мм*			Базовая длина l в *мм*
	не более						
1	80			320			8,0
2	40			160			
3	20			80			
4	10			40			2,5
5	5			20			
	Разряды, не более						
	а	б	в	а	б	в	0,8
6	2,5	2,0	1,6	10	8	—	
7	1,25	1,0	0,8	6,3	5,0	4,0	
8	0,63	0,5	0,4	3,2	2,5	2,0	
9	0,32	0,25	0,2	1,6	1,25	1,0	0,25
10	0,16	0,125	0,1	0,8	0,63	0,5	
11	0,08	0,063	0,05	0,4	0,32	0,25	
12	0,04	0,032	0,025	0,2	0,16	0,125	
13	0,02	0,016	0,012	0,1	0,08	0,063	0,08
14	0,01	0,008	0,006	0,05	0,04	0,032	

Среднее арифметическое отклонение профиля R_a подсчитывают по формуле

$$R_a = \frac{1}{n}(y_1 + y_2 + \ldots + y_n),$$

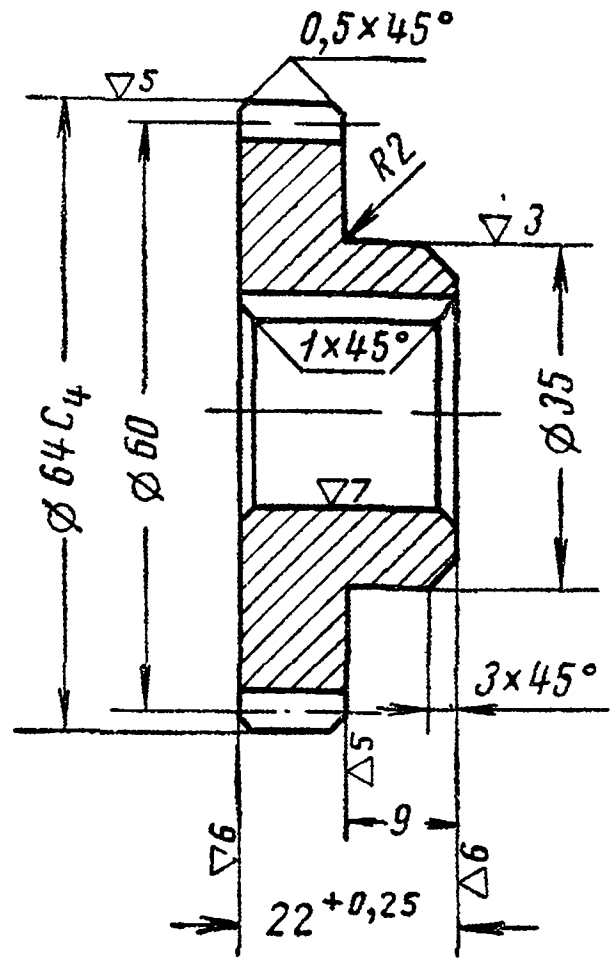
где n — число измерений;

y_1, y_2 и т. д. — расстояния от точек измеряемого профиля до средней линии.

Высота неровностей R_z определяется на базовой длине десятью высотами. Принимается пять высших точек выступов профиля и пять низших точек профиля впадины, измеренных от линии, параллельной средней линии,

$$R_z = \frac{(h_1 + h_3 + \ldots + h_9) - (h_2 + h_4 + \ldots + h_{10})}{5}.$$

Для всех классов чистоты поверхности шероховатость обозначают знаком ▽, за которым следует номер класса, например ▽ 7. Если кроме класса задается и разряд, то это записывается, например, так: ▽ 7б. На фиг. 21 показано зубчатое колесо, поверхности которого должны быть обработаны с различной чистотой: ▽ 3, ▽ 5, ▽ 6 и ▽ 7.



Фиг. 21. Обозначение шероховатостей.

Для измерения шероховатости поверхности применяют различные приборы: механические, оптические, электромагнитные и др. Многие приборы ввиду их высокой чувствительности и малой производительности применяются только в лабораторных условиях. В большинстве случаев шероховатость поверхности измеряют приборами, которые записывают колебания иглы при движении ее по неровностям поверхности и дают так называемую профилограмму.

К приборам, работающим по методу ощупывания поверхности детали алмазной иглой с записью на фотопленку, следует отнести профилограф Левина марки ИЗП-17. Этот прибор дает возможность контролировать чистоту поверхности в пределах 3—11 классов.

К приборам для определения высоты неровностей без механического ощупывания иглой, основанным на оптических методах измерения, относится двойной микроскоп акад. Линника. Микроскоп дает возможность контролировать чистоту поверхности в пределах 3—8 классов.

Для измерения весьма гладких поверхностей применяют интерференц-микроскоп марки МИИ-1, построенный на принципе интерференции * света. Этот прибор дает возможность контро-

* Интерференция света — взаимное усиление или ослабление световых волн при их наложении друг на друга.

лировать чистоту поверхности в пределах девятого — четырнадцатого классов.

Свойства поверхностного слоя после шлифования. Вторую сторону понятия «качество обработанной поверхности» составляют ее физические свойства и структура поверхностного слоя. Структура и физические свойства обработанной поверхности и внутренних слоев металла различны. В процессе шлифования происходит разрушение начальной структуры (строения) поверхностного слоя детали. Глубина слоя с измененной структурой зависит от режима шлифования и характеристики круга. Чем грубее режим шлифования и чем больше не соответствует характеристика шлифовального круга конкретным условиям шлифования, тем на большей глубине изменяется структура материала. Эти изменения структуры приводят к изменению механических свойств поверхностного слоя.

На обработанной поверхности под действием теплоты, возникающей при резании, образуются прижоги, местные отпуски и напряжения, а также сетка микроскопических и даже более крупных трещин.

§ 5. ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ

Наука об измерениях называется метрологией. Она устанавливает единицы измерений, дает способы их воспроизведения в виде точнейших образцов, называемых эталонами, разрабатывает методы измерений, осуществляемых с помощью измерительных инструментов.

Измерить любую величину — это значит сравнить ее с принятой единицей измерения.

В Советском Союзе для линейных измерений принята метрическая система мер, в основу которой положен метр. Так как не все поверхности детали обрабатываются с равной точностью, то и не все размеры измеряются одинаково точно. Например, нет необходимости измерять с точностью до сотых долей миллиметра наружный диаметр шкивов или зубчатых колес, длину их ступиц и длину валов. Наоборот, размеры посадочного отверстия всех этих деталей должны быть измерены с высокой степенью точности. Степень точности измерений зависит от точности и чувствительности измерительного инструмента, от принятого метода измерения и квалификации исполнителя.

Выбор измерительного инструмента производится в зависимости от величины допуска на изготовление детали. Практически установлено, что наибольшая цена деления применяемого измерительного инструмента должна быть приблизительно в 3 раза меньше величины допуска. Так, при шлифовании вала с допуском 0,03 *мм* наибольшая цена деления инструмента

должна быть не больше 0,01 *мм*. Поэтому в данном случае необходимо пользоваться микрометром.

Большое влияние на точность измерения оказывает температура детали. Все измерения следует производить при температуре 20°. Такая температура считается нормальной для помещений, измерительного инструмента и измеряемых предметов. Градуировка всех измерительных инструментов и приборов также производится при этой температуре.

На точность измерений большое влияние оказывает измерительное давление. Следует стремиться к тому, чтобы давление измерительных поверхностей на измеряемую было одинаковым и наименьшим. У некоторых измерительных инструментов имеются специальные устройства, ограничивающие измерительное давление в заданных пределах. Примером может служить трещотка микрометра.

Точность измерений зависит и от состояния измерительных инструментов, и от аккуратности обращения с ними. Инструменты необходимо систематически проверять на точность. Работа инструментом, потерявшим точность, приводит к браку. Поэтому измерительные инструменты необходимо предохранять от ударов, загрязнения и коррозии, хранить в специальных ящиках, обитых мягким материалом. Однако измерительный инструмент постепенно изнашивается и теряет свою точность. Поэтому за его состоянием и точностью должен быть установлен постоянный контроль.

Методы измерения могут быть: абсолютные, относительные, прямые и косвенные.

При абсолютном методе измерения действительный размер детали отсчитывают непосредственно по шкале инструмента, например, штангенциркуля, микрометра, длиномера.

При относительном (сравнительном) методе измерений определяют только отклонения от измеряемого размера детали по отношению к эталону, размер которого известен. Например, измерение размеров с помощью миниметра или оптиметра.

Прямой метод измерений дает размер непосредственно по шкале прибора (инструмента). Такой метод обеспечивает быстрое измерение с наименьшей погрешностью и широко применяется на производстве.

Косвенный метод измерений дает размер по результатам измерений других размеров. Этот метод более сложен и менее точен.

§ 6. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Измерительные инструменты можно разделить на следующие группы:

1) штангенинструменты — штангенциркули, штангенглубиномеры, штангенрейсмусы, штангензубомеры;

2) микрометрические инструменты — рычажные микрометры, резьбовые микрометры, нутромеры, глубиномеры;

3) рычажно-измерительные инструменты-индикаторы, миниметры, индикаторные скобы;

4) плоскопараллельные концевые меры длины — измерительные плитки;

5) угловой инструмент — конусные угломеры, синусные линейки, угломерные плитки;

6) оптические приборы — инструментальные микроскопы, универсальные микроскопы, вертикальные оптиметры, оптические делительные головки, большой проектор;

7) плоские стеклянные пластины (метод интерференции);

8) одномерный инструмент — калибры, шаблоны.

Штангенциркуль. Штангенциркуль, показанный на фиг. 22, *а*, состоит из стальной штанги (линейки) с миллиметровыми делениями, на конце которой имеются неподвижные губки *1* и подвижная рамка *3* с губками. Кроме подвижной рамки, имеется хомутик *5* микрометрической подачи. Винтом *4* этот хомутик можно закрепить на штанге. Грубая установка губок подвижной рамки *3* производится от руки при отпущенных винтах *2* и *4*. Дальнейшее перемещение их до требуемого положения осуществляется вращением гайки *7* микрометрической подачи, навертывающейся на винт *6*. При этом хомутик *5* должен быть закреплен на штанге. Губки подвижной рамки *3* в окончательном положении закрепляются винтом *2*. Нониус *8* имеет 50 делений, которые равны 49 *мм*. Каждое деление нониуса меньше миллиметрового деления штанги на 0,02 *мм* (фиг. 22, *б*):

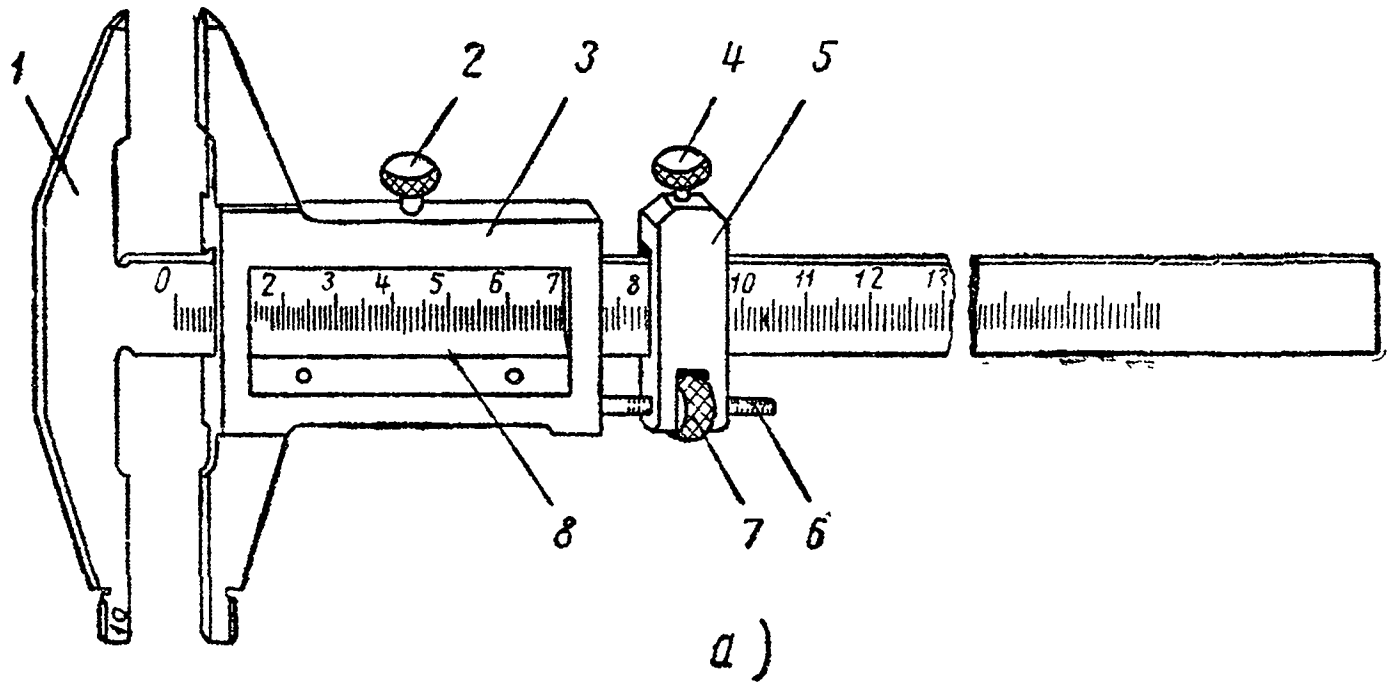
$$1 - \frac{49}{50} = \frac{50-49}{50} = \frac{1}{50} = 0{,}02 \text{ мм}.$$

Это значит, что у данного штангенциркуля цена деления составляет 0,02 *мм*. Если подвижную рамку с нониусом сдвинуть вправо так, чтобы его первое деление совпало с первым делением штанги, то расстояние между губками будет равно 0,02 *мм*. При совпадении вторых делений это расстояние увеличится до 0,04 *мм*, например, при совпадении 23-го деления будет соответствовать размеру 0,46 *мм*. Поэтому для удобства пользования нониусом его деления замаркированы числами, указывающими количество сотых долей миллиметра, которым соответствует каждое деление, т. е. 0, 10, 20, 30 и т. д.

При пользовании этим штангенциркулем к показанию нониуса прибавляют столько миллиметров, сколько их имеется между нулевыми делениями штанги и нониуса. Например, но-

ниус показывает 0,36 *мм*, нулевое деление нониуса находится на расстоянии 45 *мм* от нулевого деления штанги, значит, расстояние между губками равно 45,36 *мм*; нониус показывает 0,18 *мм*, нулевое деление нониуса отстает от нулевого деления штанги на 24 *мм* — расстояние между губками равно 24,18 *мм*.

На фиг. 22, *в* показан пример отсчета по нониусу. Нониус



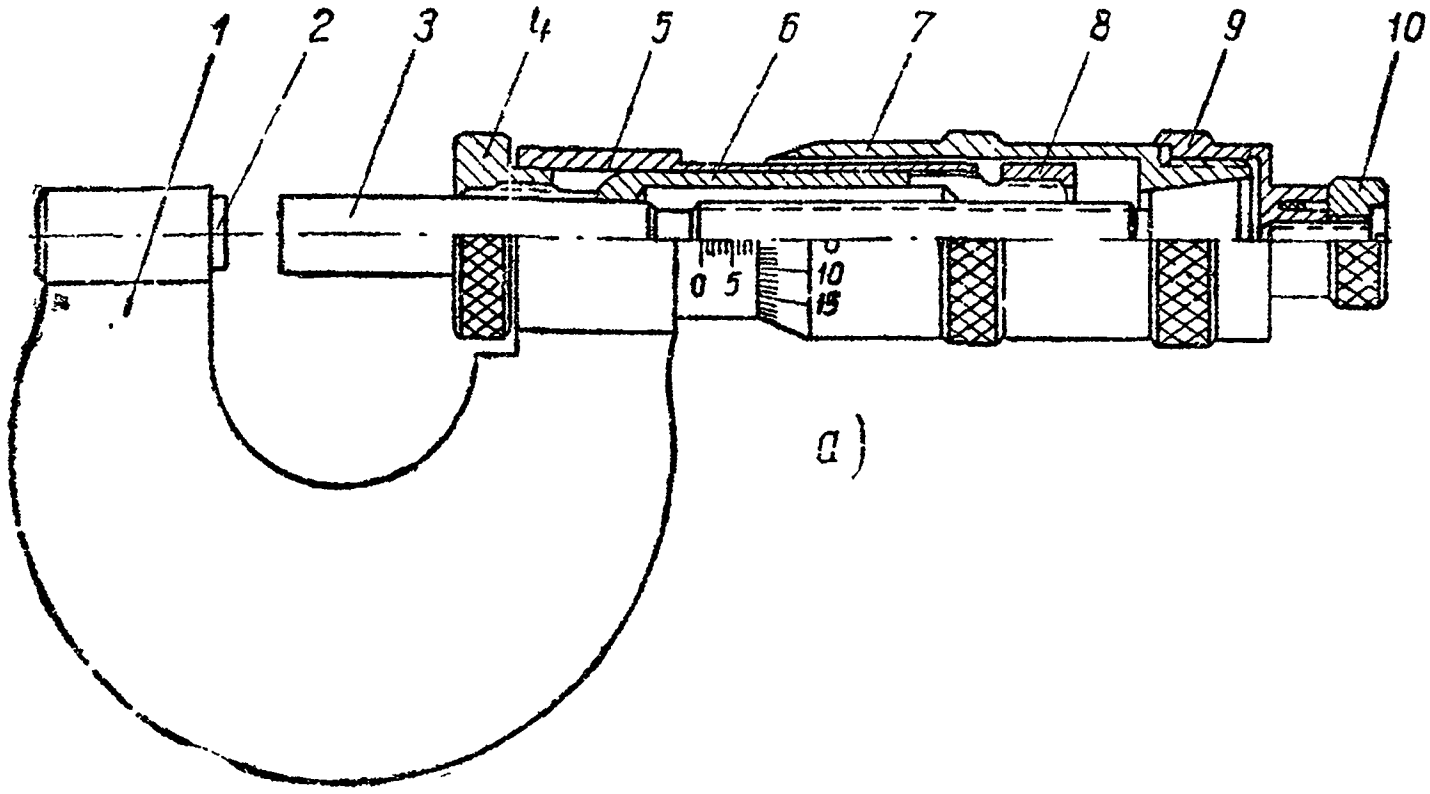
Фиг. 22. Штангенциркуль с ценой деления 0,02 *мм*:
а — общий вид штангенциркуля; *б* — нониус штангенциркуля с ценой деления 0,02 *мм*; *в* — пример отсчета по нониусу (результат 96,78 *мм*).

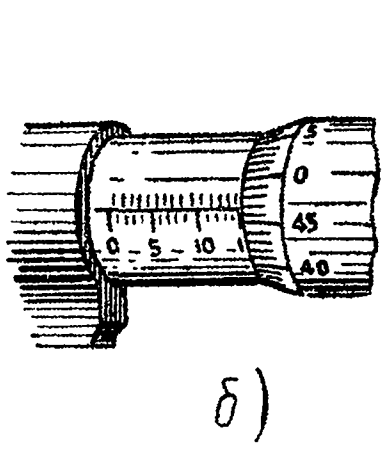
показывает 0,78 *мм*, а нулевое деление нониуса находится на расстоянии 96 *мм* от нулевого деления штанги, следовательно, расстояние между губками равно 96,78 *мм*.

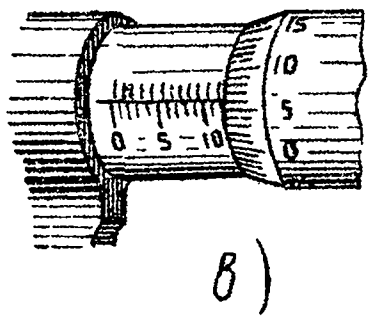
При измерении диаметра отверстий пользуются тупыми сторонами губок, вводя их в отверстие. К полученному расстоянию между губками добавляют их ширину. Эта величина маркируется на губках.

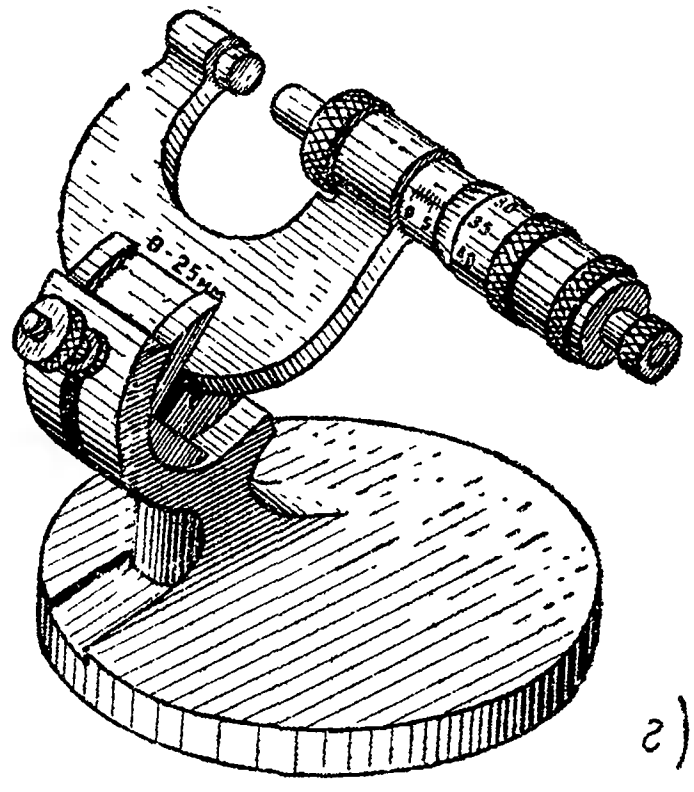
Отечественные штангенциркули изготовляются с точностью отсчета по нониусу 0,02; 0,05 и 0,1 *мм*.

Микрометр. Микрометр устроен следующим образом (фиг. 23, *а*). В левом конце скобы *1* запрессована пятка *2*.









Фиг. 23. Микрометр: *а* — внешний вид; *б*, *в* — примеры отсчета по микрометру; *г* — стойка для микрометра;

1 — скоба; *2* — пятка; *3* — шпиндель с микрометрическим винтом; *4* — стопорная гайка; *5* — стебель; *6* — направляющая втулка с разрезной гайкой микрометрического винта; *7* — барабан; *8* — регулировочная гайка; *9* — колпачок; *10* — шайба трещотки.

В другой ее конец вставлен шпиндель *3* с микрометрическим винтом, входящий в направляющую втулку *6*. На правом конце втулки имеется две нарезки: внутренняя цилиндрическая и наружная коническая. Во внутреннюю нарезку ввертывается микрометрический винт, на наружную навертывается регулиро-

вочная гайка *8*. Эта гайка служит для стягивания конца втулки по мере износа микрометрического винта. Стебель *5* скобы охватывается барабаном *7*, соединенным со шпинделем *3* посредством колпачка *9*. При вращении шпиндель перемещается до тех пор, пока левый конец его не коснется торца измеряемой детали. Другим торцом деталь прижимается к пятке *2*.

Чтобы измерительное усилие не превосходило установленной величины, т. е. 900 *г*, вращение микрометрического винта производят только при помощи трещотки *10*. Если измерительное усилие превосходит установленную норму, головка трещотки проворачивается и вращение микрометрического винта прекращается. При контроле партии деталей микрометр можно установить на определенный размер с помощью стопорной гайки.

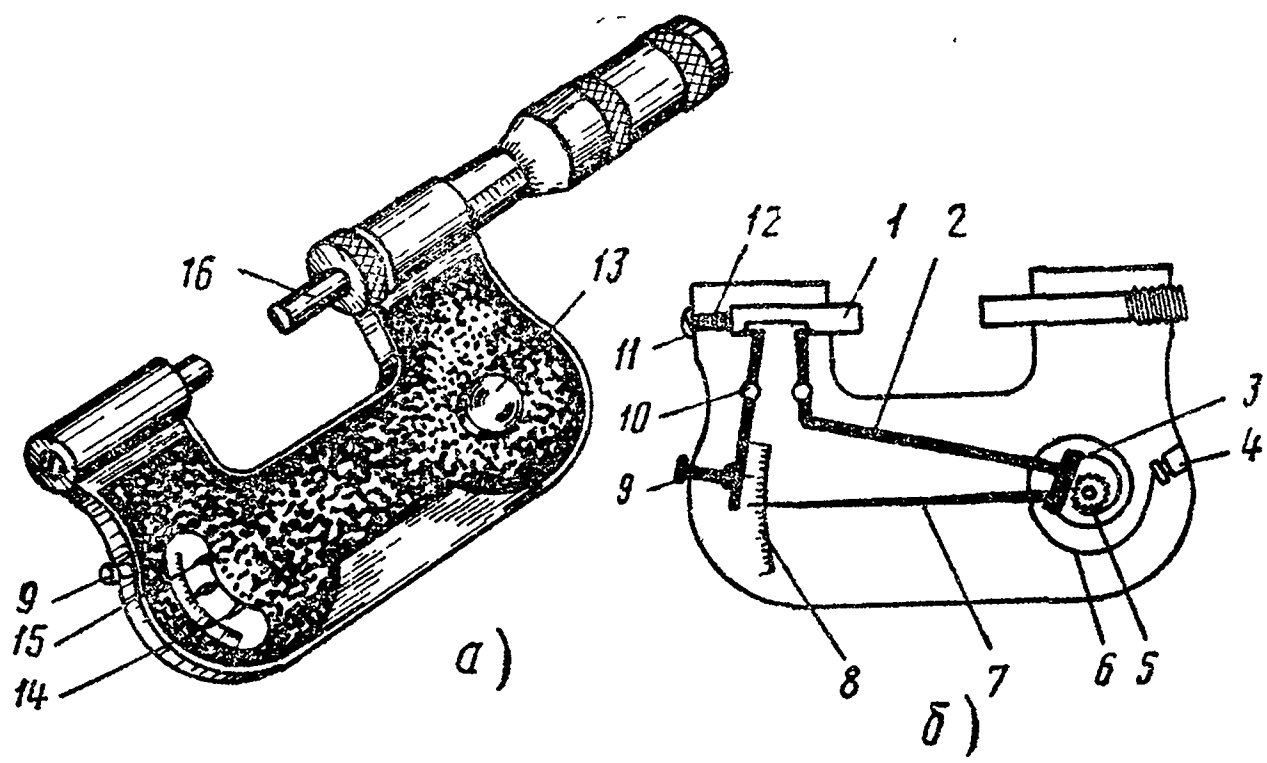
Стебель *5* скобы *1* неподвижен. Левый конец барабана *7* сточен на конус и на поверхности этого конуса нанесено 50 делений. Шаг микрометрического винта равен 0,5 *мм*. При одном обороте винта барабан *7* также делает один оборот. При повороте барабана *7* на одно деление шкалы, т. е. на $^1/_{50}$ часть оборота, шпиндель перемещается на величину 0,5: 50=0,01 *мм*.

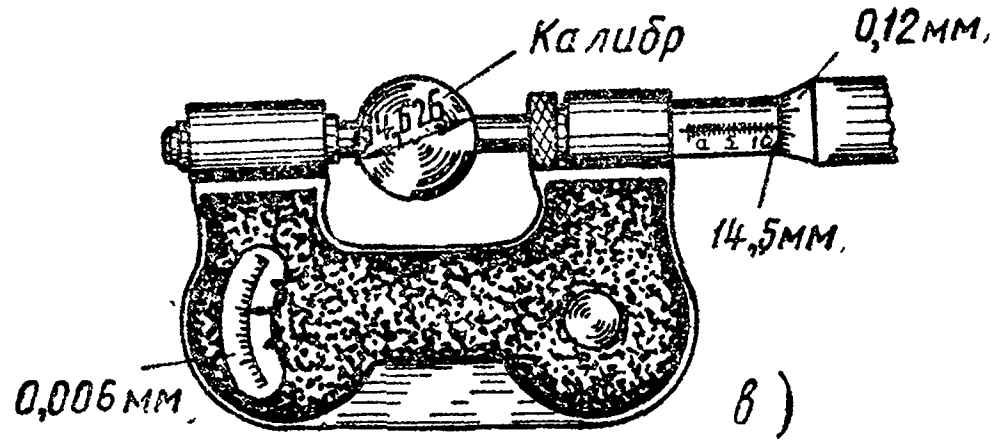
Микрометр, показанный на фиг. 23, *а*, служит для измерения размеров деталей от 0 до 25 *мм*. Отсчетное устройство микрометра состоит из двух шкал, нанесенных на стебель с ценой деления 0,5 *мм* и на барабан с ценой деления 0,01 *мм*, и двух указателей. Для шкалы с ценой деления 0,5 *мм* указателем является край скошенного торца барабана, а для шкалы с ценой делений 0,01 *мм* — продольный штрих, нанесенный на стебле. На фиг. 23, *б* и *в* приведены примеры отсчетов по шкалам микрометра. В случае, изображенном на фиг. 23, *б*, на стебле микрометра деления показывают 14,5 *мм*. Но так как скошенная кромка барабана прошла эти деления и 46-е деление шкалы барабана совпало с продольной чертой стебля, сумма обоих отсчетов равна 14,5+0,46=14,96 *мм*. В случае, показанном на фиг. 23, *в*, кромка барабана прошла 12 *мм* и против продольной черты стебля расположилось шестое деление барабана. Сумма обоих отсчетов равна 12+0,06=12,06 *мм*. Микрометры изготовляются для измерений от 0 до 25, от 25 до 50, от 50 до 75 и т. д. до 1600 *мм*.

Для удобства пользования микрометром при массовой проверке деталей применяют специальную стойку (фиг. 23, *г*), на которой устанавливают микрометр в любом положении.

Рычажный микрометр. Для измерений с точностью до 0,002 *мм* применяют рычажные микрометры (фиг. 24, *а*). Эти микрометры отличаются от обычных тем, что у них пятка *1* может перемещаться вдоль своей оси (фиг. 24, *б*). При пере-

мещении она действует на рычаги *2* и *10*. Рычаг *2* повертывается вокруг оси и своим зубчатым сектором *3* приводит во вращение зубчатое колесо *5*. На одной оси с зубчатым колесом находится стрелка *7*, которая при его вращении движется по шкале *8*. Если пятка *1* переместится на величину 0,002 *мм*, стрелка *7* расположится у первого деления. Спиральная пружина *6*, конец которой укреплен в скобе *4* микрометра, служит для устранения мертвого хода между зубчатым колесом и сектором. Постоянное измерительное давление пятки *1*, равное 100—150 *г*,



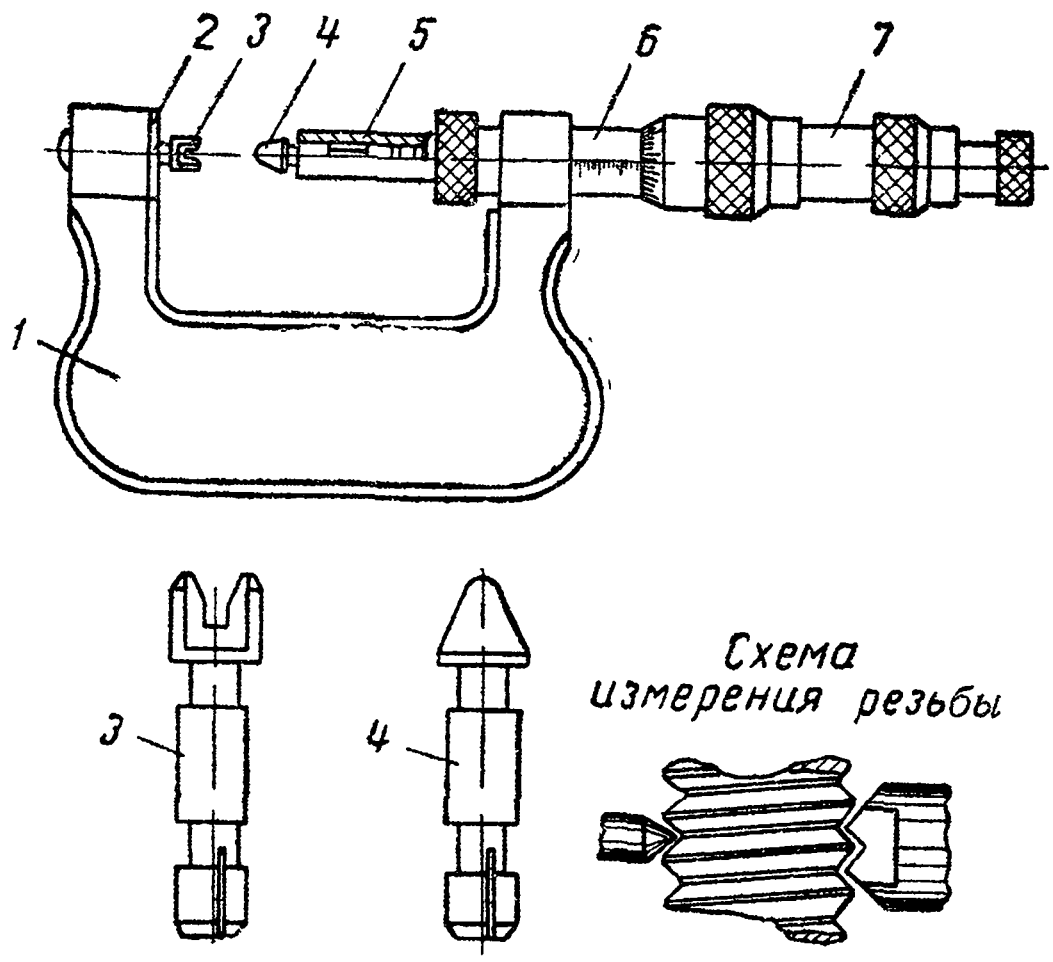


Фиг. 24. Рычажный микрометр:
а — общий вид микрометра; б — схема микрометра; *в* — пример измерения микрометром.

обеспечивается пружиной *12*. Эта пружина прижимает пятку к поверхности измеряемой детали. Винт *11* служит для регулирования давления пружины. Кнопкой *9* и рычагом *10* пятка *1* отводится от измеряемой поверхности, чем устраняется быстрый износ измерительных поверхностей.

При использовании микрометра для измерения предельных размеров детали удобно пользоваться сигнальными стрелками *14* и *15*. Они устанавливаются на нужные деления шкалы согласно заданным отклонениям размеров детали. Это производится специальным ключом при отвернутом колпачке *13*.

Перед измерением детали таким микрометром следует убедиться в правильности его показаний в нулевом положении. Для этой цели пятку *1* и измерительную плоскость микрометрического винта *16* приводят в соприкосновение. Если стрелка на шкале и риски на гильзе и барабане микрометра находятся в нулевом положении, это свидетельствует об исправности микрометра. Если же нулевая риска барабана не находится на своем начальном делении при нулевом положении стрелки, то поступают следующим образом. В одном случае переставляют барабаны на нулевое деление, как у обычного микрометра. В другом случае замечают то деление шкалы, которое соответствует нулевому положению барабана. Это положение шкалы принимают за нулевое и от него производят отсчет размеров при измерении.



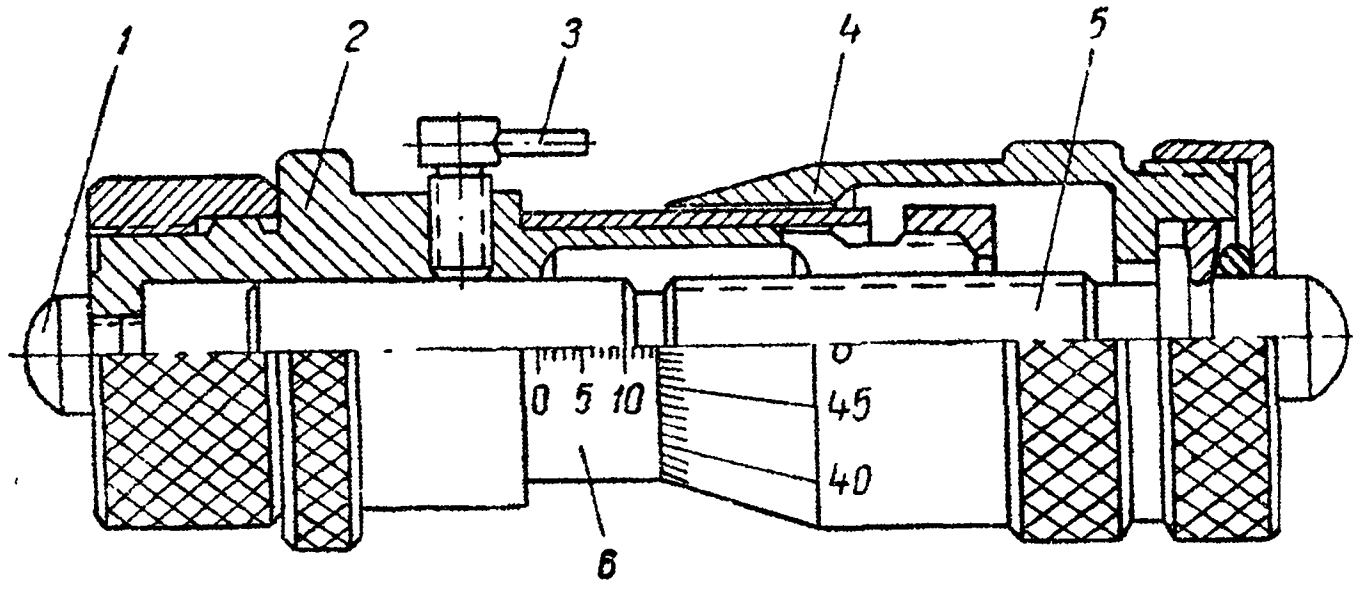
Фиг. 25. Резьбовой микрометр:
1 — скоба; *2* — пятка; *3* — призматическая вставка; *4* — коническая вставка; *5* — микрометрический винт, *6* — стебель; *7* — барабан.

Резьбовой микрометр (фиг. 25) применяется для измерения среднего диаметра резьбы. В отверстие микрометрического винта микрометра входит коническая резьбовая вставка, а в отверстие пятки — призматическая. Угол профиля каждой из вставок равен углу профиля измеряемой резьбы. Резьбовые вставки к микрометрам изготовляются закаленными и шлифованными; их цилиндрический хвостовик прорезан и может пружинить. Во время измерения головка конической вставки входит во впадину измеряемой резьбы, а головки призматической вставки ложатся на боковые поверхности противоположного витка.

К резьбовому микрометру прилагается несколько комплектов сменных резьбовых вставок. Например, вставка № 1 для шага от 0,4 до 0,6 *мм*, вставка № 2 для шага от 0,6 до 0,8 *мм* и т. д. до вставки № 6 для шага от 5,0 до 6,0 *мм*. Комплект состоит из конических и призматических вставок разных размеров.

Для установки микрометров в нулевое положение, начиная от 25 *мм*, служат специальные установочные меры, у которых с одной стороны имеется внешний угол 60°, с другой — внутренний. Длина такой меры равна наименьшей величине предела измерения микрометром. Точность измерения резьбовым микрометром находится в пределах $\pm$ 0,01 *мм*.

Микрометрический нутромер. Для измерения внутренних размеров служит микрометрический нутромер (фиг. 26), по своему устройству напоминающий микрометр. По сравнению с



Фиг. 26. Микрометрический нутромер.

микрометром такой нутромер имеет недостатки: он позволяет измерять диаметры отверстия только свыше 50 *мм* и дает меньшую точность измерения из-за отсутствия устройства для регулировки измерительного давления.

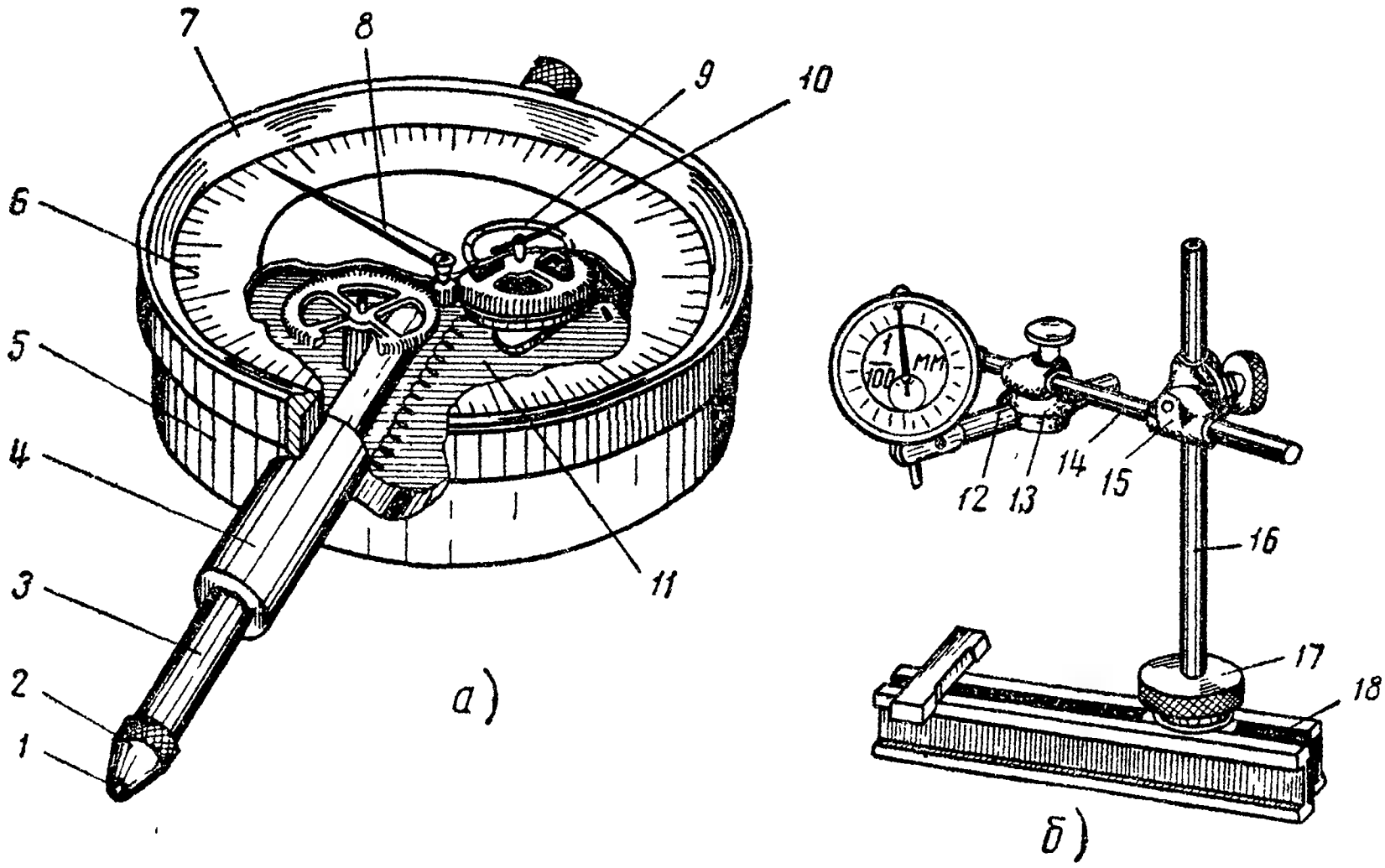
Микрометрический нутромер состоит из гильзы *2* с измерительным наконечником *1*, имеющим шаровую измерительную поверхность. В гильзу входит микрометрический винт *5* также с шаровой измерительной поверхностью. Перемещение винта, соответствующее числу его полных оборотов, отсчитывается по шкале гильзы *6*, а перемещение, соответствующее частям оборота, — по шкале барабана *4*, связанного с микрометрическим винтом.

Для закрепления винта *5* пользуются тормозным устройством *3*. Максимальный ход микрометрического винта равен 13 *мм*. Цена деления нутромера составляет 0,01 *мм*.

Для увеличения пределов измерения к концу микрометрического нутромера можно присоединять сменные удлинители. При наличии удлинителей предел измерения возрастает до 900, а иногда до 4000 *мм*. Нутромер без удлинителя имеет минимальный предел измерения, равный 50—63 *мм*.

Часовой индикатор (фиг. 27, *а*) служит для измерения величины отклонений в размерах и форме деталей, точность изготовления которых не превышает 0,01 *мм*. Индикатор состоит из корпуса *5*, внутри которого расположен механизм *11* для передачи отклонений на подвижные стрелки циферблатов.

Индикатор имеет два циферблата со шкалами: один — подвижной, а другой — неподвижный. Подвижной циферблат *6* укреплен на обойме *7*, имеющей наружную накатку. Неподвиж-



Фиг. 27. Устройство часового индикатора (*а*); индикатор на стойке (*б*).

ный циферблат *9* прикреплен штифтами к корпусу приспособления. Шкала подвижного циферблата *6* имеет 100 делений по окружности, величина каждого деления составляет 0,01 *мм*. Отсчет производится с помощью стрелки *8*. Шкала неподвижного циферблата имеет десять делений по окружности, отсчет ведется в миллиметрах с помощью стрелки *10*.

Во втулке *4*, запрессованной в корпус индикатора, перемещается вдоль оси измерительный штифт *3* с рейкой, имеющей наконечник *2* с упорным шариком *1*. Рейка измерительного штифта при помощи зубчатых колес связана со стрелками циферблатов. Число зубьев рейки и число зубьев колес механизма рассчитаны таким образом, что перемещение измерительного штифта вдоль своей оси на величину 0,01 *мм* соответствует перемещению большой стрелки по окружности на одно деление шкалы; перемещение измерительного штифта в обратном на-

правлении происходит под действием пружины на рычаг, который оттягивает измерительный штифт индикатора.

При измерениях индикатор должен жестко закрепляться относительно измерительной базы. На фиг. 27, *б* показана универсальная стойка для крепления индикатора. Индикатор при помощи стержней *12* и *14*, муфт *13* и *15* закрепляют на вертикальной стойке *16*, которая укрепляется в пазу призмы *18* гайкой *17*.

Индикаторная скоба (пассаметр) применяется в машиностроении для наружных измерений методом сравнения. Ее измерительная пятка действует на рычаг с зубчатым сегментом и на зубчатое колесо, связанное со стрелкой (фиг. 28). Установочную пятку можно переставлять с помощью винтовой пары на требуемый размер. Нажимая на кнопку предохранителя, отодвигают влево измерительную пятку посредством рычага предохранителя, ограждая этим измерительные поверхности от повреждения при вводе измеряемого предмета.

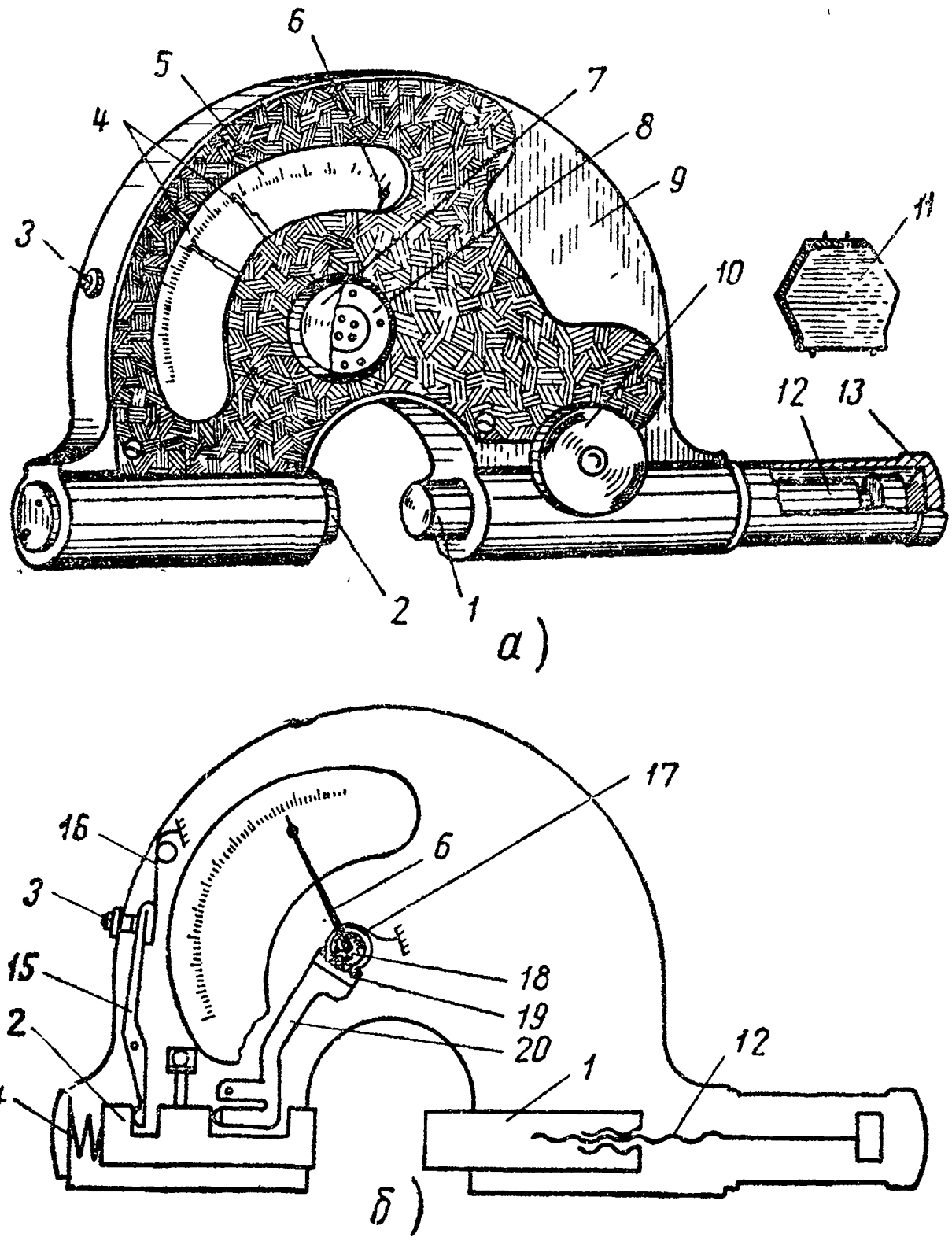
Для установки прибора на нулевое деление можно применять концевые меры длины или измерительные шайбы. На шкале индикаторной скобы имеется два указателя красного цвета для установки прибора на заданную величину допуска измеряемого размера. Указатели устанавливаются специальным ключом. Если подвижная стрелка находится между двумя красными указателями, то это говорит о том, что размер детали не выходит за пределы заданных допусков.

Миниметры представляют собой одну из разновидностей рычажных измерительных приборов для внешних измерений. Они изготовляются двух типов: узкошкальные (фиг. 29, *а*) и широкошкальные (фиг. 29, *б*). Измерения такими приборами производятся методом сравнения. Узкошкальные миниметры изготовляются с точностью измерения в пределах от 0,2 до 0,02 *мм* и ценой деления от 0,01 до 0,001 *мм*, широкошкальные — с точностью измерения в пределах от 0,6 до 0,06 *мм* и ценой деления от 0,005 до 0,001 *мм*.

Корпус миниметра *1* имеет трубку *2*, в которой находится механизм прибора. В верхней части его расположена шкала *3* и стрелка *4*, отсчитывающая число делений при измерении. Нижняя часть узкошкального прибора имеет наконечник *5*. Предохранительным рычагом *6* производится отвод наконечника при установке измеряемой детали.

Миниметр обычно устанавливают на стойке (фиг. 29, *в*). При этом трубка *2* миниметра помещается в кронштейне *20* и закрепляется винтом *7*. Кронштейн закрепляют на колонке *21* винтом *19*, а при необходимости он может перемещаться вместе с трубкой миниметра по этой колонке. Опорное кольцо *18* пре-

дохраняет кронштейн от падения. На колонке *21* имеется кольцо *17* с упором *9* для установки изделий на столике *10*. Упор закрепляют на колонке винтом *8*, а кольцо *17* винтом *16*. Колонка жестко соединена с основанием *15*. Поверхность столика

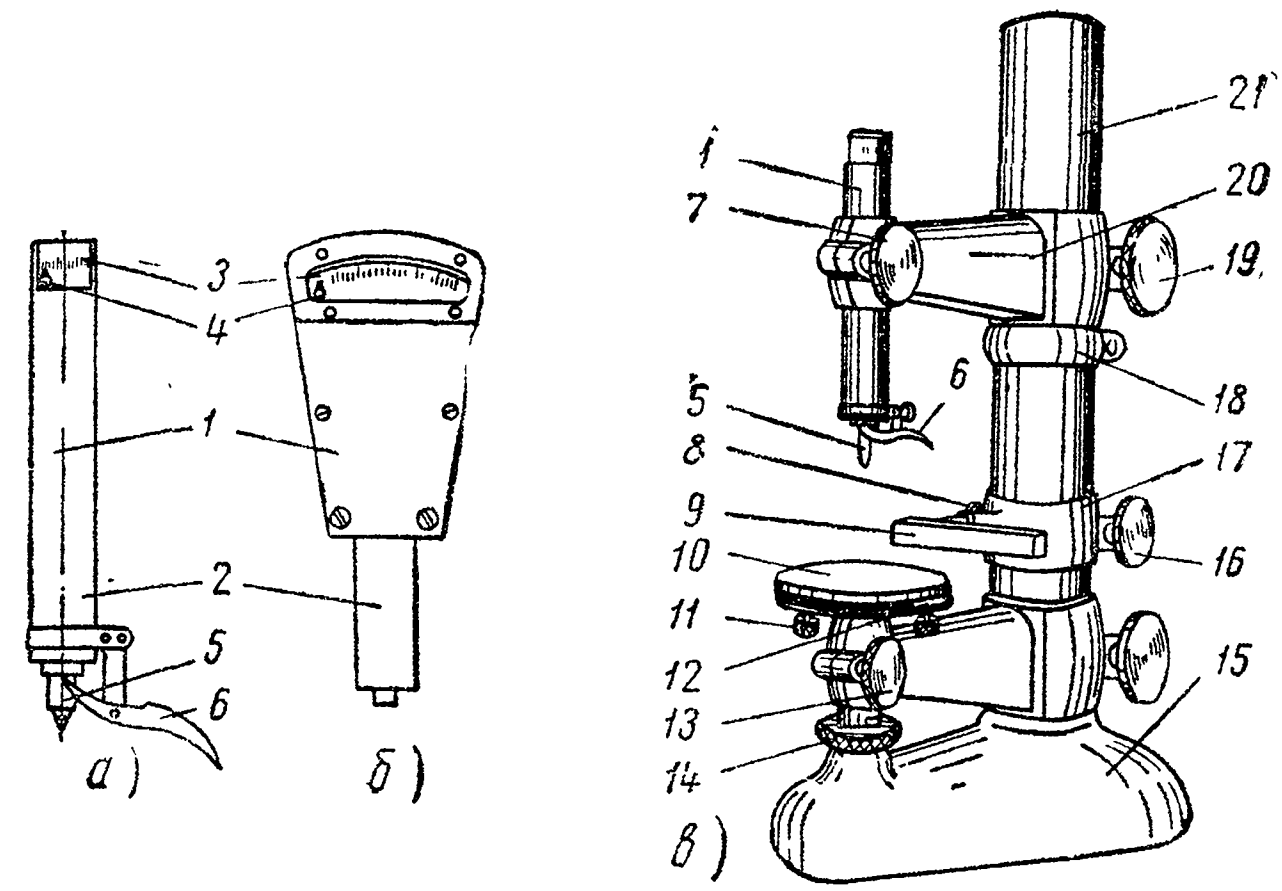


Фиг. 28. Общий вид индикаторной скобы (*а*); схема действия индикаторной скобы (*б*):

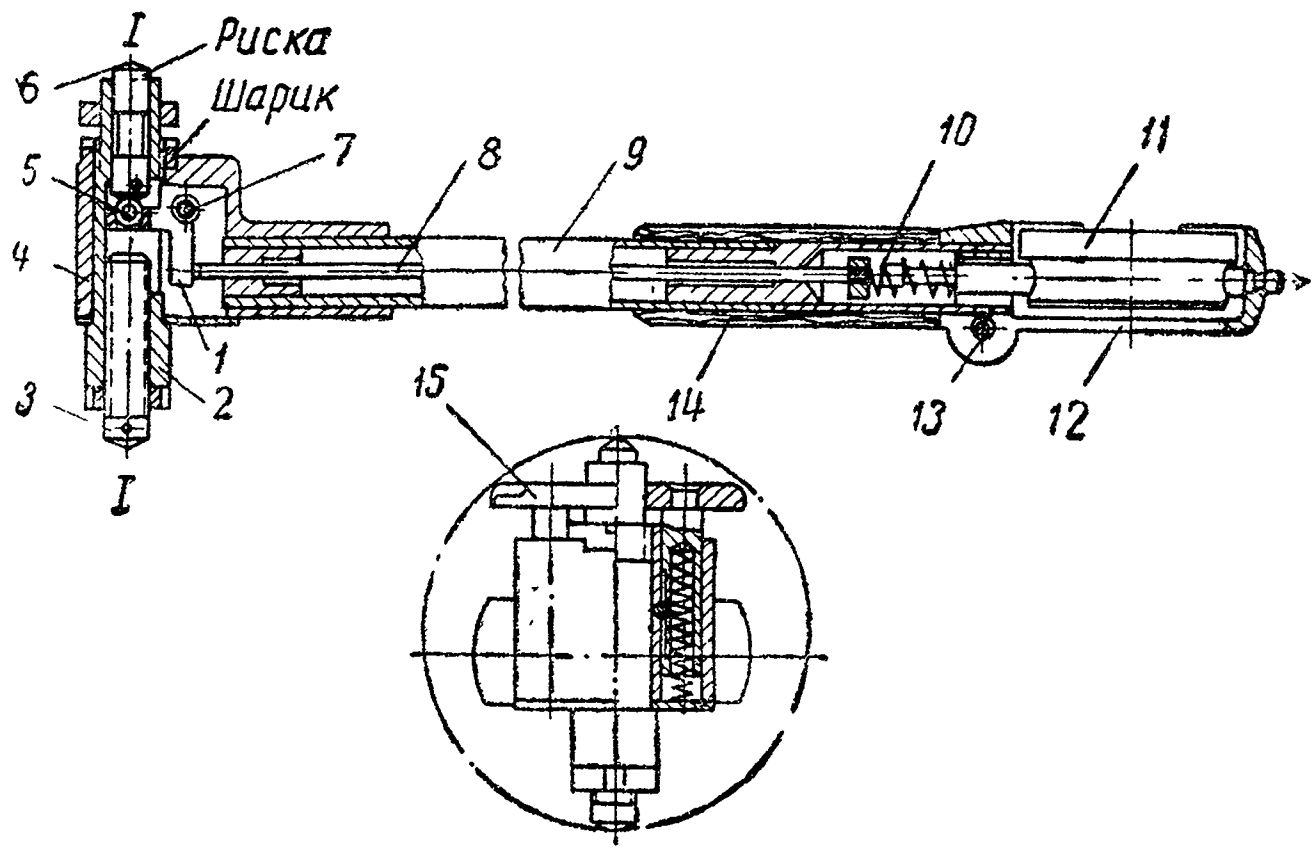
1 — установочная пятка; *2* — измерительная пятка; *3* — кнопка-предохранитель; *4* — указатели поля допуска детали; *5* — шкала; *6* — стрелка; *7* — колпачок; *8* — устройство для установки указателей поля допуска; *9* — скоба; *10* — стопор; *11* — ключ; *12* — установочный винт; *13* — гильза; *14* — пружина; *15* — рычаг предохранительной кнопки; *16* и *17* — пружины; *18* — зубчатое колесо; *19* — зубчатый сектор; *20* — рычаг с зубчатым сегментом.

должна быть перпендикулярна оси трубки *1*. Для регулировки положения столика служат гайки *12* и винты *11*. Точная установка миниметра на размер производится перемещением столика вверх и вниз гайкой *14*. Закрепление столика осуществляется винтом *13*. Рычаг *6* служит для отвода наконечника *5*.

Перед настройкой миниметра столик протирают чистой замшей и на него устанавливают блок концевых мер длины, соответствующий измеряемому наружному диаметру детали.



Фиг. 29. Узкошкальный миниметр (*а*); широкошкальный миниметр (*б*); миниметр на стойке (*в*).



Фиг. 30. Индикаторный нутромер завода «Калибр».

Индикаторный нутромер. На фиг. 30 показана конструкция индикаторного нутромера завода «Калибр». Этот нутромер применяется для точных измерений отверстий диаметром свыше 18 *мм*. В корпусе *4* нутромера закреплена втулка *2*, в которую ввернута измерительная пятка *3*, закрепляемая гайкой после

установки на размер. В другом конце втулки *2* помещен измерительный стержень *6*, перемещение которого производится рычагом *1*, вращающимся на оси *7*, и стержнем *8* и передается индикатору *11*. Измерительные контакты рычага образуются запрессованными в него шариками *5*. Измерительное усилие создается действием индикатора и пружины *10*. Стержень *8* помещен в трубку *9*, на которую надевается деревянная ручка *14* и крепится кожух *12* винтом *13*. В отверстие корпуса нутромера вставлены направляющие стержни центрирующего мостика *15*.

При установке нутромера в измеряемом отверстии центрирующий мостик *15*, прижимаемый пружинами к поверхности отверстия, ориентирует ось *1—1* измерительной части прибора так, чтобы она проходила через центр измеряемого отверстия. Для определения величины отклонения диаметра от заданного размера необходимо покачать нутромер относительно оси измеряемого отверстия. При этом наибольшее показание индикатора будет соответствовать диаметру отверстия.

Так как индикаторный нутромер измеряет отверстие относительным методом, необходима предварительная установка его на размер по кольцу или микрометру.

Плоскопараллельные концевые меры длины получили в настоящее время большое распространение для точных измерений длины и диаметров деталей, а также для проверки измерительных инструментов. Они представляют собой различной толщины закаленные прямоугольные стальные плитки, отшлифованные и доведенные с высокой точностью.

Концевые меры длины изготовляются наборами, пользуясь которыми можно составить блок любого размера. В практике применяют наборы, дающие возможность составлять из них блоки с точностью до 0,001 *мм*.

Часто применяют комплект, состоящий из 38 мер. Наименьший измерительный размер концевой меры равен 1 *мм*. Применение мер толщиной в десятые доли миллиметра нецелесообразно, так как составление из них блоков связано с большими трудностями. Другой, более полный, комплект состоит из 83 плиток. Он дает возможность при составлении определенного блока обходиться меньшим числом мер.

Рабочие размеры концевых мер установлены в пределах от 0,3 до 1000 *мм*, причем приняты следующие градации размеров:

Рабочий размер в *мм* . . .	1—1,01	1—1,5	0,3—2	1,5—10	10—100	100—200	50—300	100—1000
Градация размера в *мм* . .	0,001	0,01	0,1	0,5	10	25	50	100

Например, при градации через 0,001 *мм* концевые меры будут иметь следующие рабочие размеры: 1; 1,001; 1,002 *мм* и т. д.; при градации через 100 *мм* — 100; 200; 300 *мм* и т. д.

Концевые меры комплектуют в наборы с таким расчетом, чтобы можно было составить блоки требуемых размеров из возможно меньшего количества мер. Перед составлением блока выполняют предварительный расчет его. Начинают расчет с концевых мер, имеющих тысячные, а затем сотые доли миллиметра и т. д.

Пример. Составить блок для размера 76,783 *мм*

Первая мера, входящая в блок	1,003
Остаток	75,78
Вторая мера, входящая в блок	1,08
Остаток	74,7
Третья мера, входящая в блок	1,7
Остаток	73,0
Четвертая мера, входящая в блок	3,0
Остаток	70,0

Следовательно, требуемый размер 76,783 *мм* составится из пяти мер: 70+3+1,7+1,08+1,003.

Блок составляют путем притирания мер друг к другу. Притирание начинают с мер большего размера.

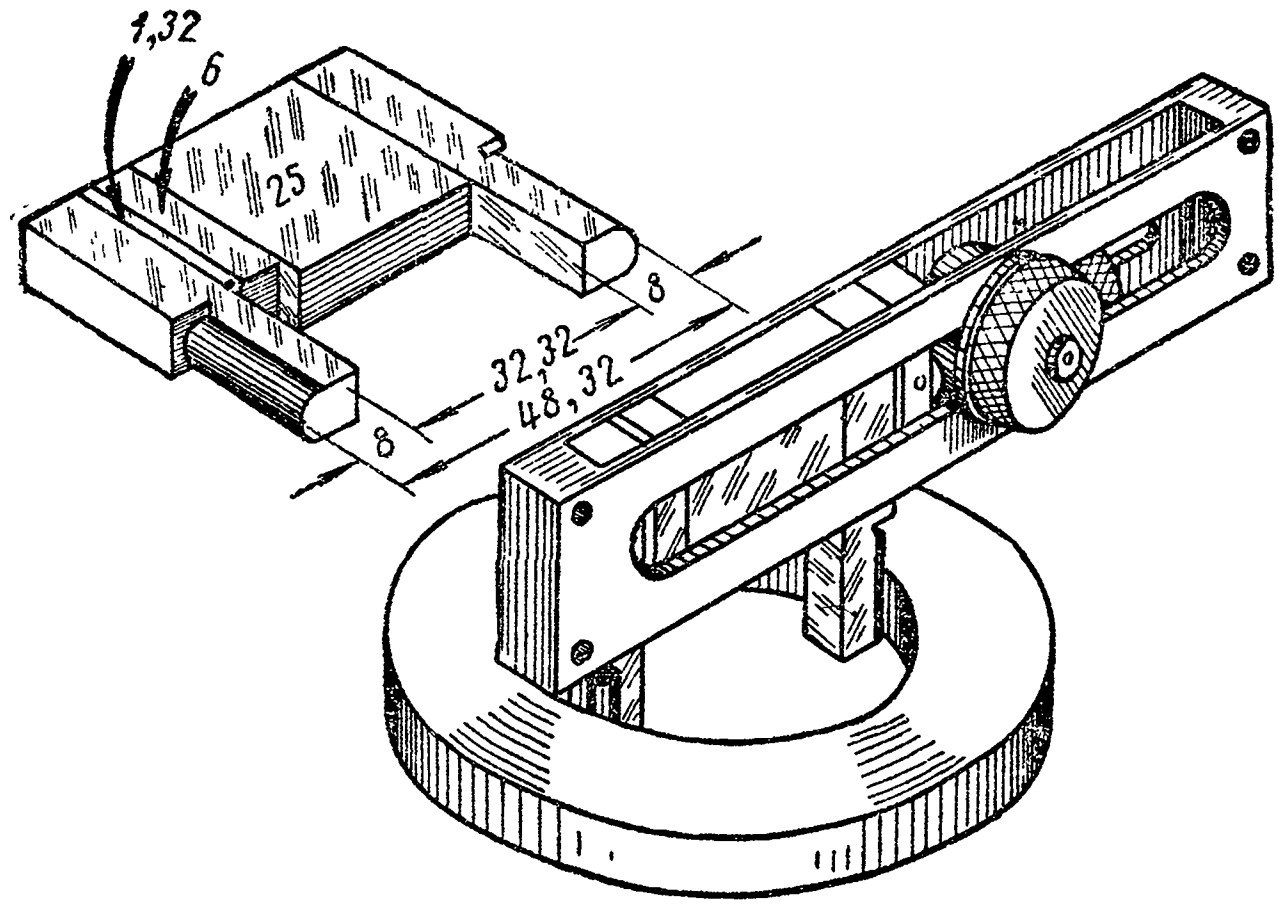
Для измерения внутренних размеров, в том числе и диаметров отверстий, к собранному блоку присоединяют пару специальных ножек (фиг. 31), размер которых необходимо прибавлять к размеру блока. Для удобства пользования блоком применяют особые струбцинки. На фиг. 31 показано пользование такой струбцинкой с блоком концевых мер и ножками для внутренних измерений при проверке диаметра кольца.

Следует помнить, что при работе с концевыми мерами высокой точности к их измерительным плоскостям нельзя прикасаться руками, а меры малых размеров нужно брать пинцетом. При измерениях наивысшей точности следует надевать резиновые перчатки, чтобы предотвратить во время работы попадание влаги на измерительные плоскости концевых мер.

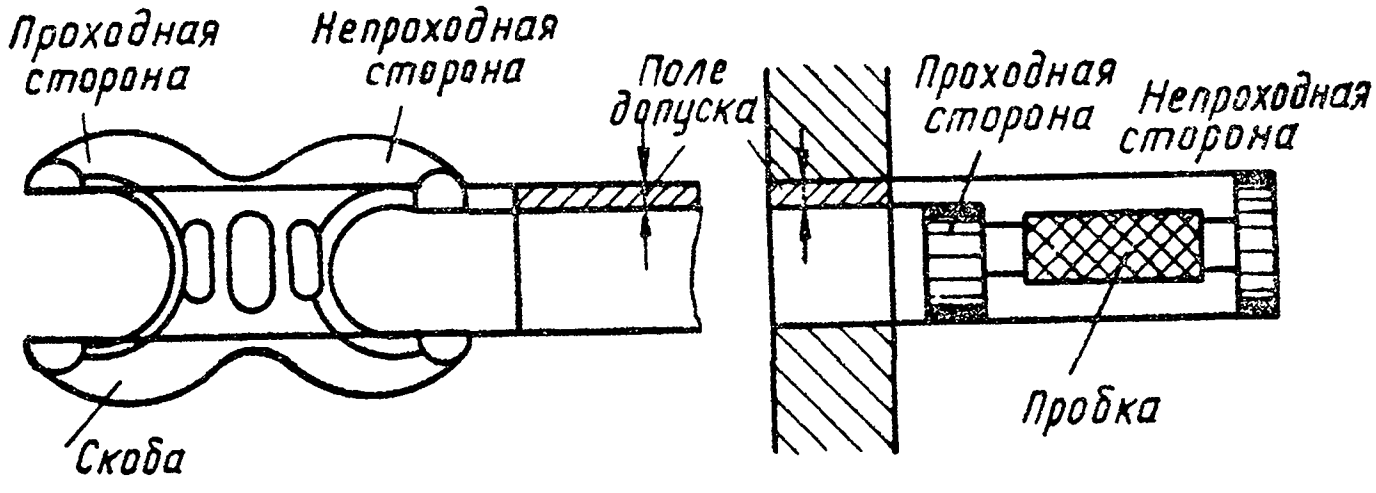
Предельные калибры. В условиях серийного и массового производства, когда приходится замерять сотни и тысячи одинаковых деталей, пользоваться универсальными измерительными инструментами (штангенциркуль, микрометр и т. п.) невыгодно. Измерение ими — сложная и длительная операция, а результат измерения зависит от квалификации шлифовщика. По-

этому в таких условиях преимущественно пользуются предельными калибрами.

Предельными калибрами называются измерительные инструменты, с помощью которых определяется, в каких пределах находится измеряемый размер детали, но не величина самого размера.



Фиг. 31. Измерение отверстий блоком концевых мер.



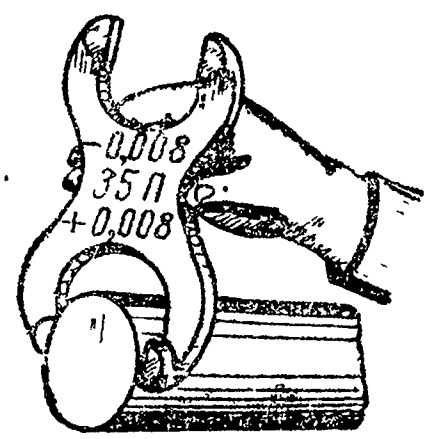
Фиг. 32. Схема работы предельными калибрами.

Калибры для проверки валов называются *скобами* (фиг. 32). Двусторонняя предельная скоба имеет две пары измерительных плоскостей. Расстояние между ними у одной пары равно наименьшему предельному размеру детали, у другой — наибольшему. Если измеряемый вал проходит в бо́льшую сторону скобы, его размер не превышает наибольшего предельного размера, а если не проходит, значит, этот размер слишком велик. Если же вал проходит также и в меньшую сторону скобы, то это зна-

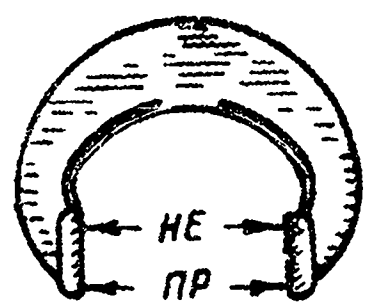
чит, что вал изготовлен по своему размеру меньше наименьшего предельного размера и является браком.

Сторона скобы, соответствующая наименьшему предельному размеру, называется *непроходной (НЕ)*, противоположная сторона, соответствующая наибольшему размеру — *проходной (ПР)*. Вал признается годным, если скоба (фиг. 33), опускаемая на него проходной стороной, скользит по валу под действием своего веса и если вал не проходит через непроходную сторону этой скобы.

Вместо двусторонних скоб часто применяют односторонние (фиг. 34), у которых обе пары измерительных плоскостей лежат одна за другой. Передними измерительными поверхностями та-



Фиг. 33. Проверка детали калибром-скобой.



Фиг. 34. Односторонний предельный калибр-скоба.

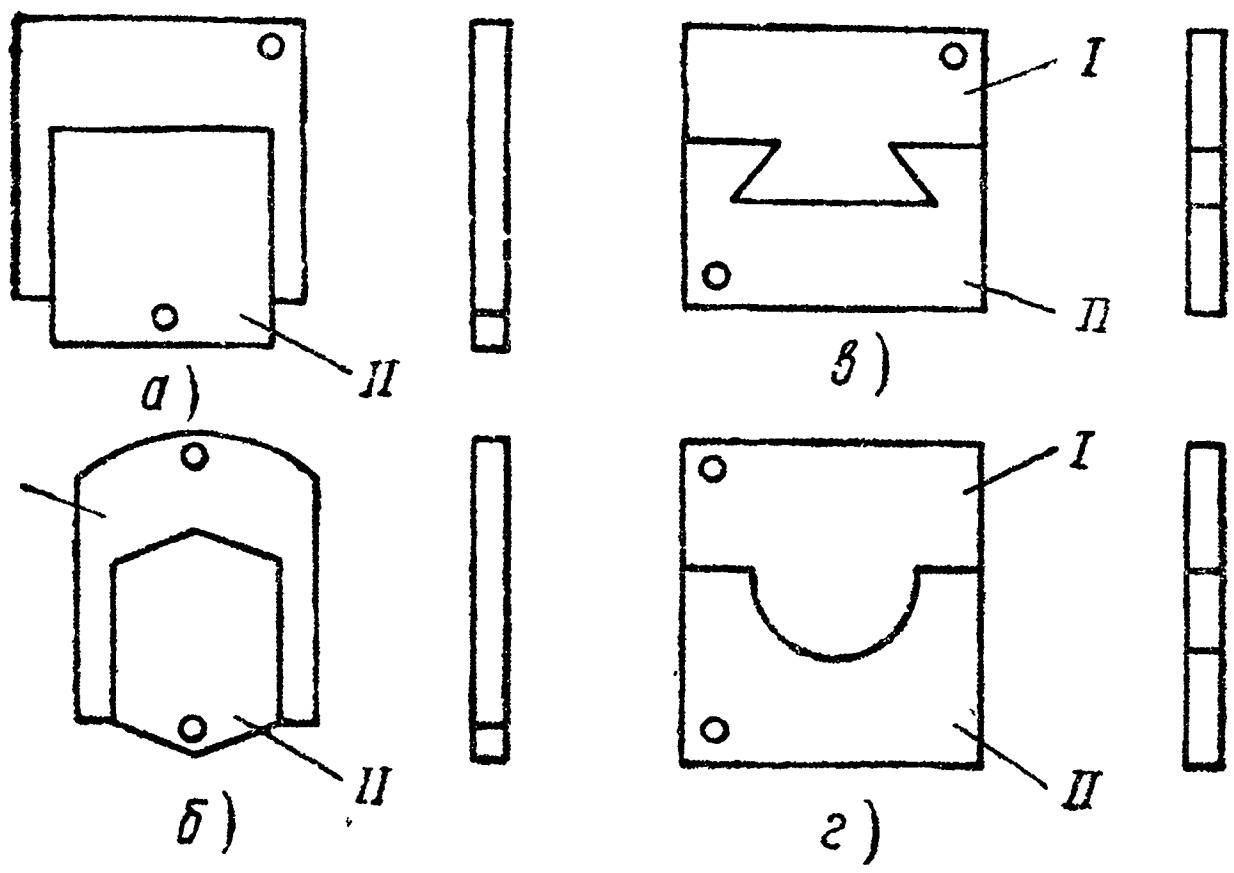
кой скобы проверяют наибольший предельный размер, а задними — наименьший. Эти скобы имеют меньший вес и значительно ускоряют процесс контроля.

Имеются регулируемые предельные скобы. При износе такой скобы ее размер можно отрегулировать, т. е. восстановить первоначальный размер. Их также можно устанавливать и на другие номинальные размеры в определенных пределах.

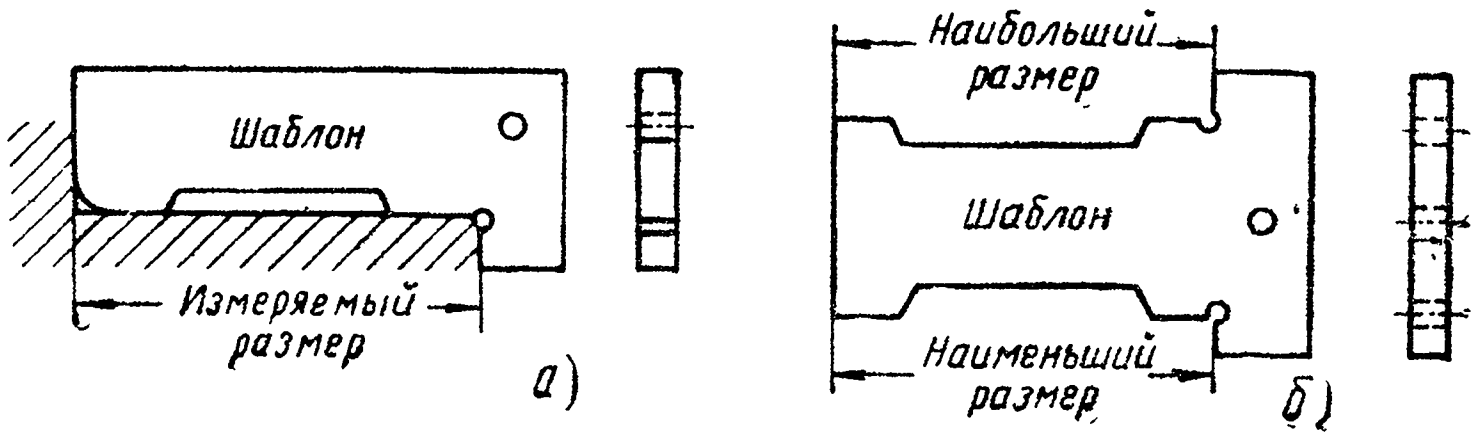
Для измерения отверстий применяются калибры-пробки. В правой части фиг. 32 показан предельный калибр-пробка. Рабочая часть пробки большей длины называется проходной стороной. Ее диаметр равен наименьшему предельному размеру отверстия, следовательно, она должна входить в отверстие. Рабочая часть меньшей длины, диаметр которой равен наибольшему предельному размеру, называется непроходной, или браковочной стороной. Эта сторона пробки не должна входить в проверяемое отверстие.

Шаблоны. Шаблонами (фиг. 35) называются плоские измерители, изготовленные из листовой стали. Ими пользуются для проверки фигурных контуров, углов, радиусов закруглений, ширины и высоты уступов и других элементов профиля.

Проверка шаблоном ведется на просвет между его контуром и контуром измеряемой детали. При полном совпадении контуров детали и шаблона просвет между ними будет равномерным и очень незначительным. Обычно шаблон имеет контршаблон, по которому можно следить за износом шаблона. Для со-



Фиг. 35. Шаблоны (*I*) и контршаблоны (*II*):
а — для прямоугольной пленки; *б* — для шестигранника; *в* — для паза «ласточкин хвост»· *г* — для полукруглого паза.



Фиг. 36. Шаблоны:
а — нормальный; *б* — предельный.

кращения времени на измерение шлифуемой детали вместо универсального измерительного инструмента в условиях массового и серийного производства пользуются шаблонами. На фиг. 36 показаны нормальный и предельный шаблоны.

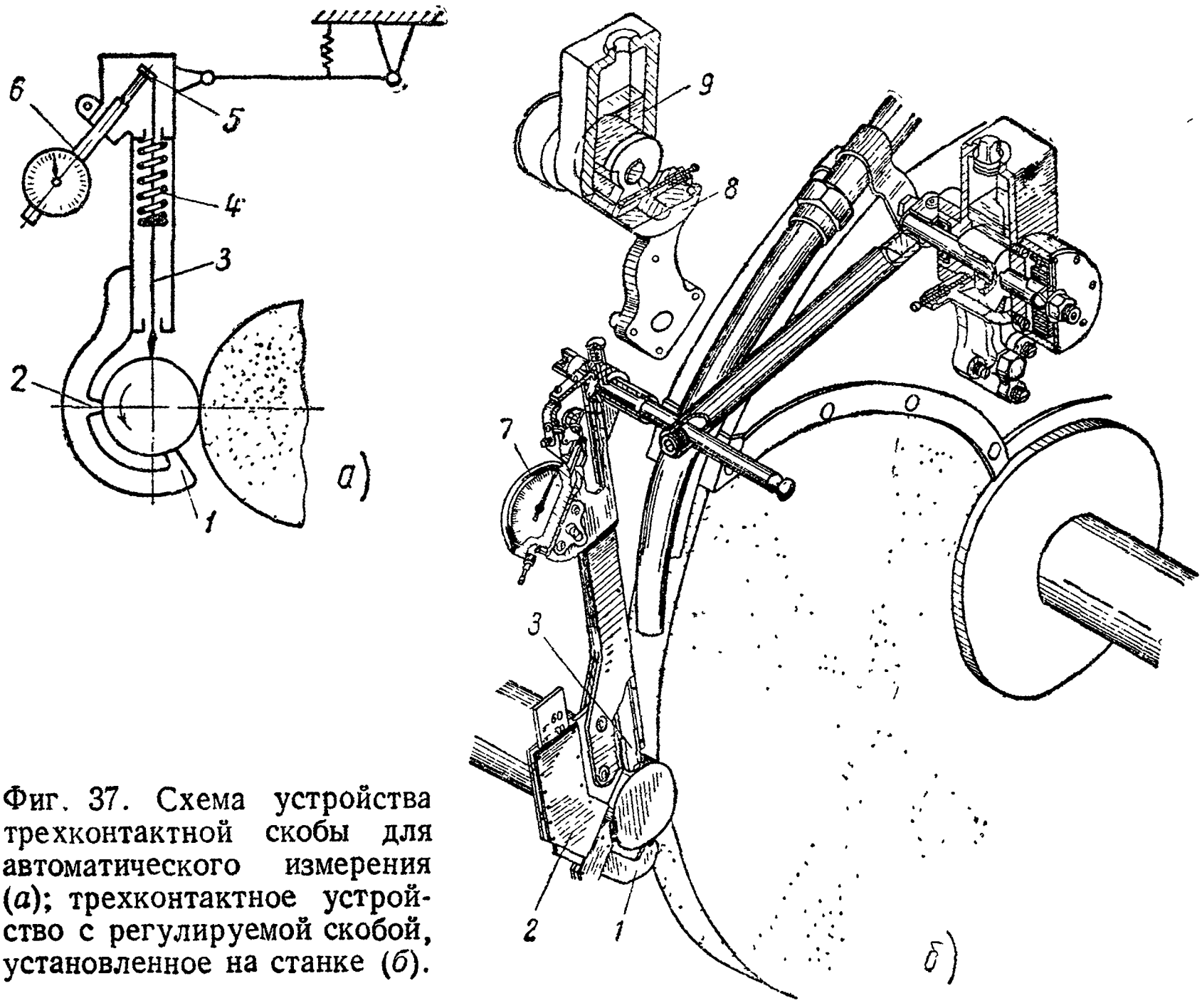
§ 7. АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Значительная часть времени рабочего цикла на шлифовальных станках (16—30%) затрачивается на измерение шлифуемых деталей. Поэтому автоматизация контроля размеров

является важным условием автоматизации процессов обработки точных деталей. Автоматизация контрольных операций имеет целью:

1) повышать производительность труда путем устранения остановок станка для ручных измерений шлифуемых деталей;

2) предупреждать и исключать появление брака;



Фиг. 37. Схема устройства трехконтактной скобы для автоматического измерения (*а*); трехконтактное устройство с регулируемой скобой, установленное на станке (*б*).

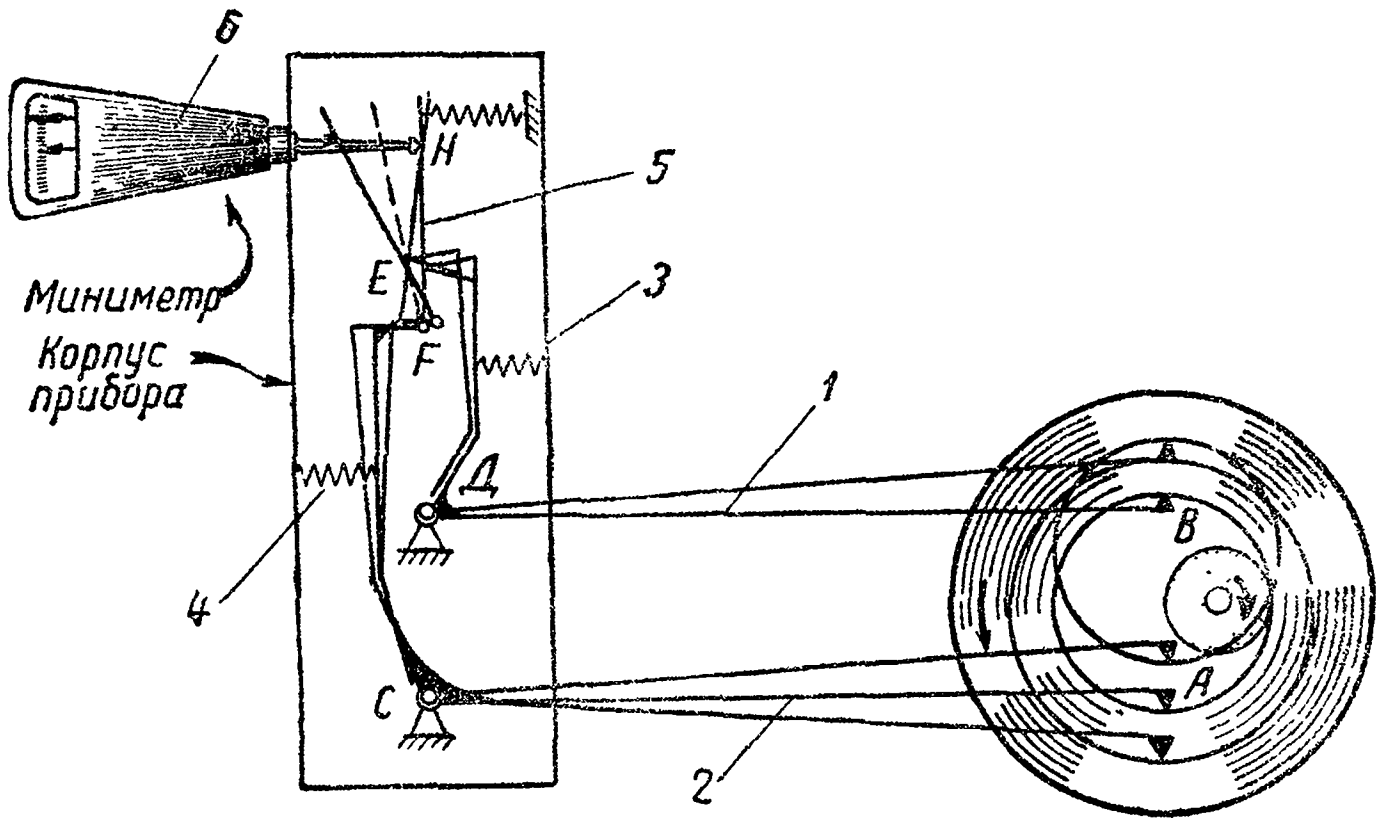
3) автоматизировать управление процессом шлифования в зависимости от результатов измерений.

На универсальных шлифовальных станках большое применение нашли несложные измерительные приборы и устройства, позволяющие производить измерения в процессе шлифования, без остановки станка. Применение этих устройств не требует какой-либо переделки станка, но позволяет повысить производительность труда шлифовщика. Ниже рассматривается несколько таких устройств.

На фиг. 37, *а* показана схема трехконтактной скобы для контроля валов. Наконечники *1* и *2* скобы служат упорами, а третий наконечник (подвижной) связан с измерительным штиф-

том *3* и прижимается к поверхности детали пружиной *4*. При шлифовании диаметр детали уменьшается, и измерительный штифт *3* опускается вниз, нажимая скосом *5* на наконечник *6* индикатора.

На фиг. 37, *б* показано устройство с трехконтактной скобой для измерения размеров шлифуемой детали на круглошлифовальном станке. Это устройство можно закреплять на кожухе шлифовального круга, на столе станка или на бабке привода детали. На фиг. 37, *б* представлено устройство, закрепленное

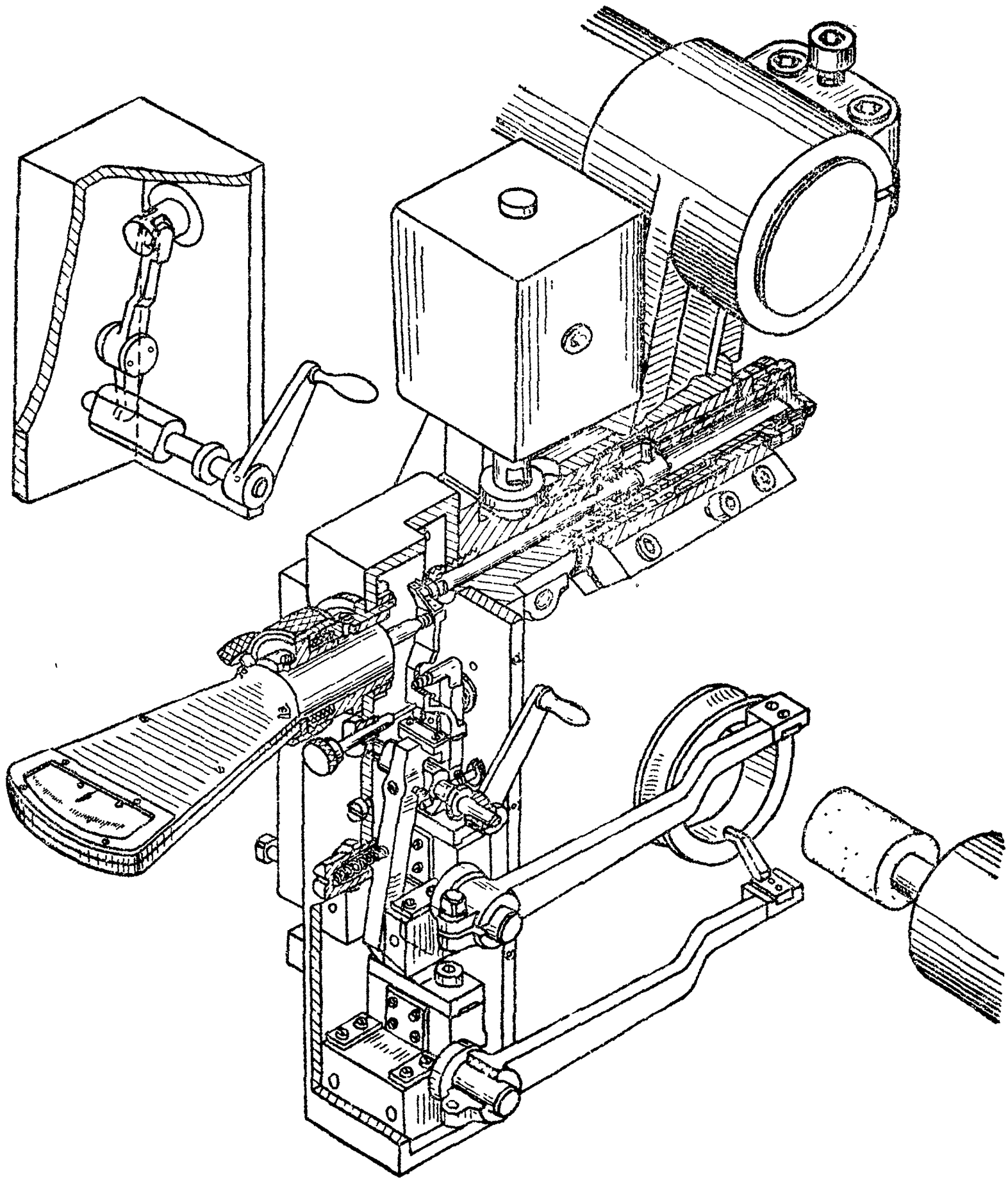


Фиг. 38. Схема действия прибора П-53М конструкции Мазина.

на кожухе шлифовального станка посредством кронштейна *8*. Наличие масляного амортизатора *9* создает возможность медленного и плавного отвода устройства от измеряемой поверхности. Наконечники *1* и *2* являются неподвижными упорами, наконечник *3* подвижной. Перемещаясь, наконечник *3* нажимает на кнопку индикатора *7*, по шкале которого отсчитывают величину отклонений размера шлифуемой детали. Наладка этого измерительного устройства осуществляется по эталону путем установки измерительного штифта и индикатора в нулевое положение.

Для измерения отверстий в процессе шлифования широко применяют приборы конструкции Мазина. Схема действия такого прибора изображена на фиг. 38. Измерительные наконечники *A* и *B* укреплены в рычагах *1* и *2*; при помощи пружин *3* и *4* они соприкасаются с поверхностью обрабатываемой детали. Рычаги *1* и *2* монтируются на плоских крестообразно расположенных пластинах, являющихся осью вращения рычагов в точках *C* и *Д*.

Рычаг *5* суммирует перемещение наконечников *A* и *B* и передает его миниметру *6*. Соотношение плеч рычагов *1*, *2* и *5* подобрано так, что точка *H* получает перемещение, равное изменению размера отверстия во время шлифования. Вследствие



Фиг. 39. Способ установки прибора П-53М на внутришлифовальном станке.

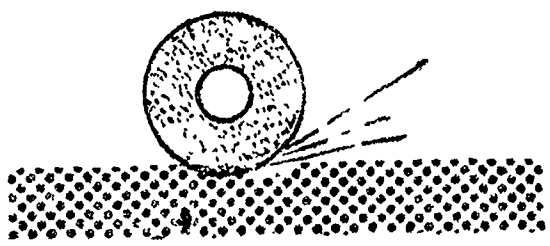
этого незначительное изменение положения геометрической оси отверстия шлифуемой детали в вертикальном направлении не сказывается на точности измерения.

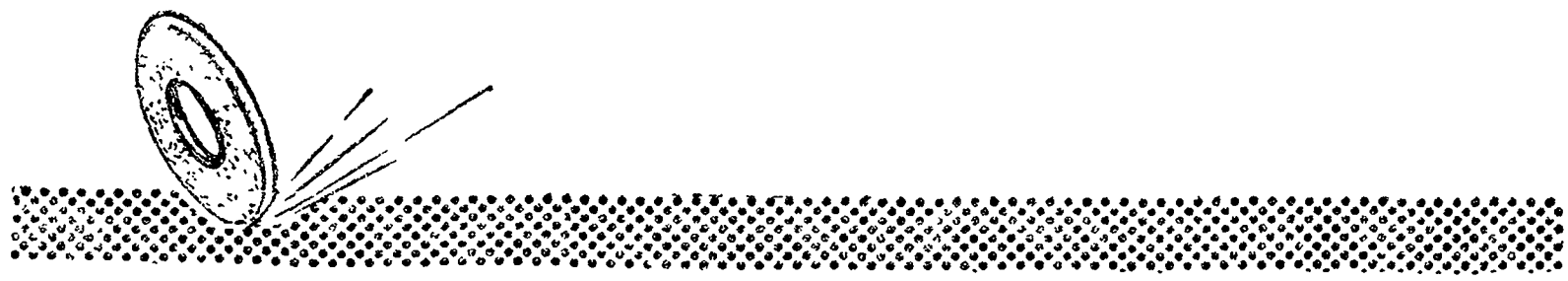
Прибор можно устанавливать на станках при шлифовании цилиндрических отверстий диаметром от 30 до 150 *мм*, а также

конических с прямолинейной образующей. На фиг. 39 показан способ установки прибора на внутришлифовальном станке.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое взаимозаменяемость?
2. Что понимают под точностью обработки?
3. Что такое допуск на изготовление детали?
4. В чем состоит разница между зазором и натягом?
5. Перечислите посадки.
6. В чем разница между системой отверстия и вала?
7. Что такое класс точности?
8. Что такое шероховатость поверхности?
9. Что называют макро- и микрогеометрией поверхности?
10. Классификация шероховатости поверхности по ГОСТ 2789—59.
11. Как измеряется шероховатость?
12. От чего зависит точность измерений?
13. Перечислите наиболее распространенные измерительные инструменты.
14. Как устроен штангенциркуль и как им пользоваться; какова точность его измерения?
15. Как устроен микрометр и какие микрометры вы знаете?
16. Что такое микрометрический нутромер и как им пользоваться?
17. Для каких целей применяют индикатор и как им пользоваться?
18. Когда применяют микрометры и как они устроены?
19. Что такое плоскопараллельные концевые меры длины?
20. Для чего необходимо автоматизировать измерение размеров деталей при шлифовании?
21. Какие вы знаете приборы для измерения размеров деталей в процессе шлифования и как они устроены?





ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ПРАВКА ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ

§ 1. ИЗНОС И ЗАСАЛИВАНИЕ КРУГОВ

В процессе работы выступающие зерна шлифовального круга изнашиваются, искажается форма рабочей поверхности круга, и он становится непригодным к дальнейшей работе. Его необходимо исправить. Износ кругов зависит от режимов шлифования, характеристики круга и других факторов и снижает производительность труда, точность и качество шлифуемой поверхности. Износ абразивного зерна можно представить так. Сначала зерно имеет острую вершину. При работе поверхность зерна становится все менее и менее шероховатой: когда поверхность сгладится, зерно затупится. При этом давление на зерно растет до тех пор, пока не отколются от него кусочки и не образуются новые острые кромки или зерно целиком не вырвется из связки. Так обновляется (самозатачивается) рабочая поверхность круга во время резания. При чистовых операциях самозатачивание круга не происходит. Критерием затупления круга можно считать изменение шероховатости шлифуемой поверхности, появление первых желтых или темных пятен.

Правка является процессом принудительного удаления затупленных зерен с рабочей поверхности круга, еще удерживаемых связкой, и восстановления его правильной геометрической формы. Правка шлифовальных кругов необходима также при засаливании их рабочей поверхности. При засаливании поры круга забиваются мелкой металлической пылью, и зерна перестают резать, не будучи затупленными. Это вызывает резкое повышение температуры в зоне шлифования.

Если при правильно выбранной скорости шлифовального круга он все же засаливается, то необходимо увеличить скорость вращения детали или же взять для данного вида шлифования более мягкий круг. Процесс засаливания ускоряется с затуплением зерен шлифовального круга, так как по мере их затупления снимаемая стружка становится шире и тоньше. Такая стружка легко застревает в порах круга при шлифовании.

Засаливание происходит тогда, когда для шлифования выбран круг не той структуры, которая требуется для данной работы, часто оно является следствием недостаточного охлаждения, неправильного выбора твердости и зернистости круга.

Засаливание круга приводит к снижению его стойкости, вызывает вибрации, дробление и другие пороки. Чем вязче шлифуемый материал (незакаленная сталь, латунь, бронза, алюминий и др.) и тверже абразивный круг, тем больше склонность его к затуплению и засаливанию.

При чистовом шлифовании необходимо своевременно править круг, так как затупленные зерна не всегда выкрашиваются. Поэтому рабочая поверхность круга засаливается — становится гладкой, а на обработанной поверхности появляются прижоги. Это служит признаком затупления круга.

Правку шлифовальных кругов выполняют алмазными и безалмазными инструментами.

§ 2. АЛМАЗНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ПРАВКИ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ

Для правки шлифовальных кругов алмазными инструментами применяют технические алмазы и алмазно-металлические карандаши.

Правка алмазами. Технический алмаз — разновидность углерода. По твердости он занимает первое место среди известных материалов (твердость 10 по шкале Мооса). Размеры алмазов определяются в каратах. Один карат равен 0,2 *г*. Для правки кругов применяют алмазы весом от 0,25 до 1,5 карата.

Алмазами правят шлифовальные круги только для чистового круглого наружного и плоского шлифования точных поверхностей и круги для чистового фасонного шлифования поверхностей, имеющих допуск 12 *мк* и меньше (для шлифования шестерен, шлицевых валиков, фасонных резцов, пряжек и долбяков). Использовать алмазы в других случаях не разрешается вследствие их высокой стоимости.

Размер алмаза выбирают в зависимости от следующих условий:

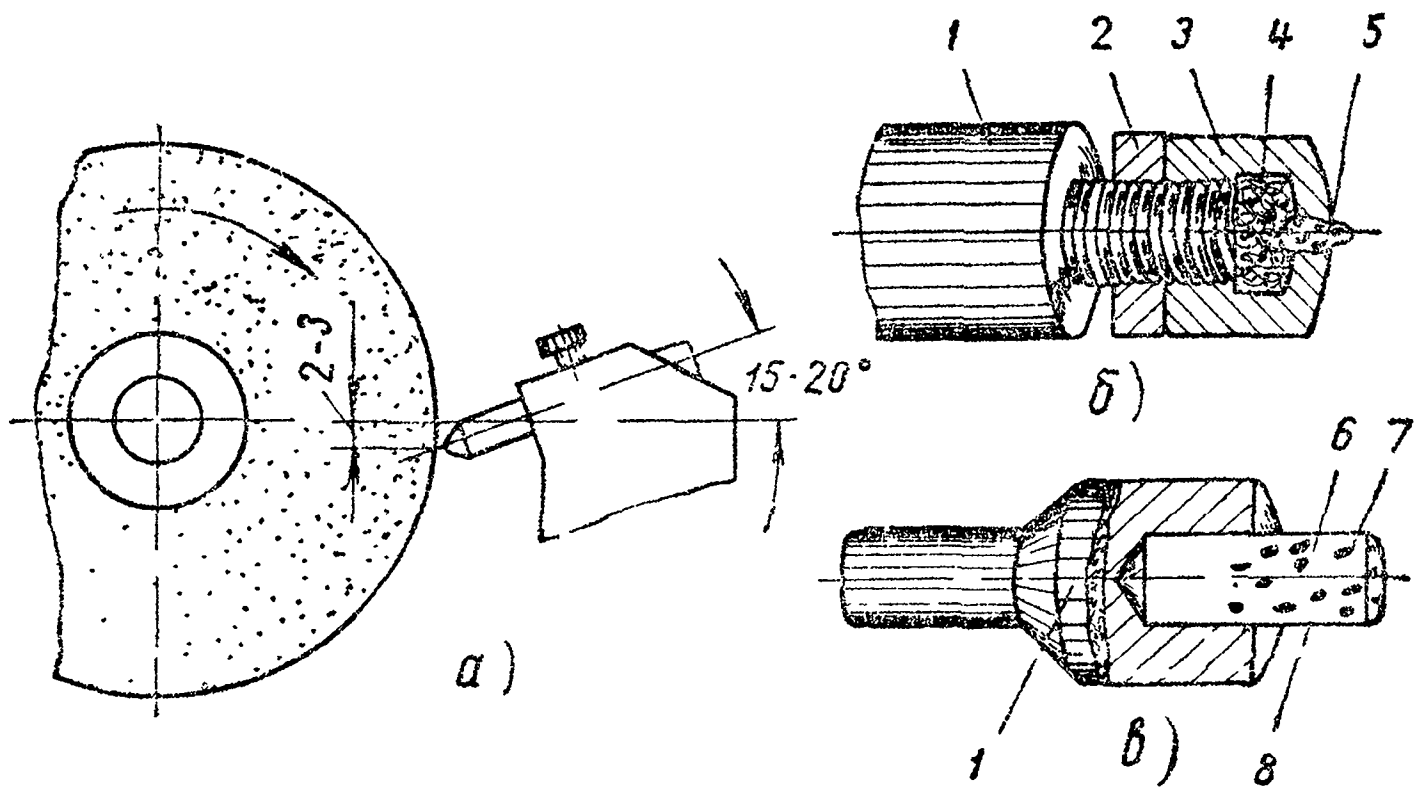
1) чем больше диаметр круга, тем крупнее должен быть алмаз; например, для круга диаметром до 200 *мм* применяют алмаз весом 0,5 карата, до 500 *мм* — 1,0 карата, для круга диаметром 750 *мм* вес алмаза составляет 1,25 карата;

2) чем крупнее зерно шлифовального круга и чем прочнее и эластичнее его связка, тем больше должен быть размер алмаза.

Так как алмаз чувствителен к толчкам и резким изменениям температуры, его нельзя применять при плохом закреплении

алмазодержателя (оправки) в приспособлении станка и при капельном охлаждении. Правка техническими алмазами должна производиться при обильном охлаждении (не менее 20 *л/мин*). Толщина снимаемого слоя при правке допускается не более 0,01—0,03 *мм*.

Алмаз устанавливают на столе шлифовального станка на 2—3 *мм* ниже оси вращения круга и наклоняют под углом 15—20° к оси круга (фиг. 40, *а*).



Фиг. 40. Использование алмазов для правки шлифовальных кругов:

а — установка алмаза на станке; *б* — крепление алмаза в оправке; *в* — крепление алмазно-металлического карандаша; *1* — оправка; *2* — контргайка; *3* — втулка; *4* — свинцовые опилки; *5* — алмаз; *6* — связующее вещество; *7* — алмазная крошка; *8* — карандаш.

Для правки кругов алмаз закрепляют в особой оправке. Один из способов его крепления в оправке показан на фиг. 40, *б*. На нарезанный конец этой оправки навертывают колпачок с отверстием в середине, через который пропускают закрепляемый алмаз. Под колпачок насыпают свинцовые опилки, которые при навертывании колпачка на оправку спрессовываются и плотно охватывают алмаз. При ослаблении алмаза колпачок подвертывается и закрепляется контргайкой. Такой способ крепления дает возможность быстро освобождать и повертывать алмаз, чтобы использовать новую острую грань взамен затупившейся.

Другой способ крепления алмаза состоит в том, что в торце оправки сверлят отверстие диаметром немного больше размера алмаза. В него сначала вкладывают подушку из мягкого металла (меди, свинца или цинка), а затем вставляют алмаз и зачеканивают. При этом способе имеется опасность повреждения алмаза.

Третий способ заключается в том, что торец оправки после высверливания в нем отверстия прорезают ножовкой в нескольких направлениях вдоль оси оправки — образуются лапки, которые охватывают алмаз со всех сторон. Разрезанный конец оправки с алмазом заливают припоем.

Алмазно-металлические карандаши. Крупные алмазы стоят очень дорого, поэтому их заменяют мелкими или так называемой *алмазной крошкой* (0,1—0,3 карата). На фиг. 40, *в* показан алмазно-металлический карандаш в разрезе. Это металлический цилиндрик диаметром 6—12 *мм* и длиной от 10 до 37 *мм*, в котором алмазные зерна расположены слоями по нескольку штук или по одному зерну вдоль оси цилиндра. Алмазные зерна сцементированы тугоплавкими металлами (кобальт, никель, вольфрам). Характеристика алмазно-металлических карандашей приведена в табл. 6.

Таблица 6

Характеристика алмазно-металлических карандашей

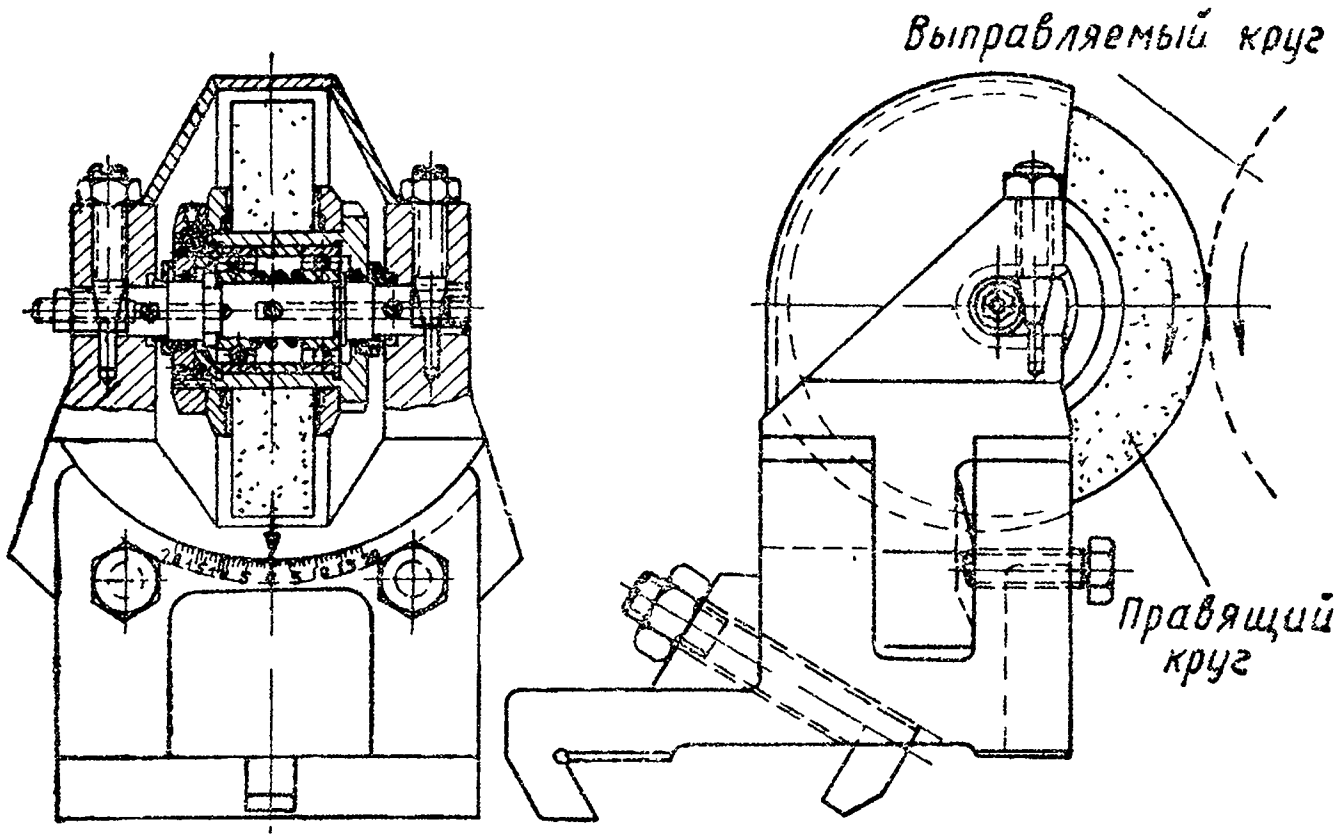
Марка карандаша	Характер расположения алмазов	Вес отдельных зерен в каратах	Общий вес алмазов в каратах	Размеры карандаша в *мм*	
				диаметр	длина
СК1	Слои крупные	$^1/_3$—$^1/_7$	1	10	12
СК2	То же	$^1/_3$—$^1/_7$	2	10	16
СС1	Слои средние	$^1/_7$—$^1/_{12}$	1	10	12
СС2	То же	$^1/_7$—$^1/_{12}$	2	10	16
СМ1	Слои мелкие	$^1/_{12}$—$^1/_{20}$	1	10	12
СМ2	То же	$^1/_{12}$—$^1/_{20}$	2	10	16
СНМ1	Слои весьма мелкие	$^1/_{20}$—$^1/_{30}$	1	10	12
СНМ2	То же	$^1/_{20}$—$^1/_{30}$	2	10	16
НМ	Неопределенное расположение	$^1/_{20}$—$^1/_{100}$	2	10	16
НВМ	То же	$^1/_{20}$—$^1/_{100}$	2	10	16
Ц	По центру вдоль карандаша . .	$^1/_4$—$^1/_{30}$	$^1/_2$	6	37

Режим правки алмазно-металлическими карандашами следующий: глубина снимаемого слоя более 0,05 *мм*, продольная подача не более 0,3 *м/мин*. Алмазно-металлическими карандашами можно править электрокорундовые круги и круги из карбида кремния любой твердости, зернистости и любых размеров. Алмазно-металлические карандаши применяют только на чистовых операциях. В остальных случаях следует осуществлять безалмазную правку.

§ 3. БЕЗАЛМАЗНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ПРАВКИ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ

Кроме правки алмазными инструментами, в настоящее время широко применяют безалмазную правку. Такая правка производится в тех случаях, когда точность обработки не превышает 12—15 *мк*. К безалмазной относят правку абразивными кругами, шарошками, дисками, стальными и твердосплавными роликами. Безалмазная правка должна проводиться при обильном охлаждении.

Правка абразивными кругами. При безалмазной правке шлифовальных кругов, работающих на чистовых операциях, не-



Фиг. 41. Приспособление для безалмазной правки круга по методу обкатки.

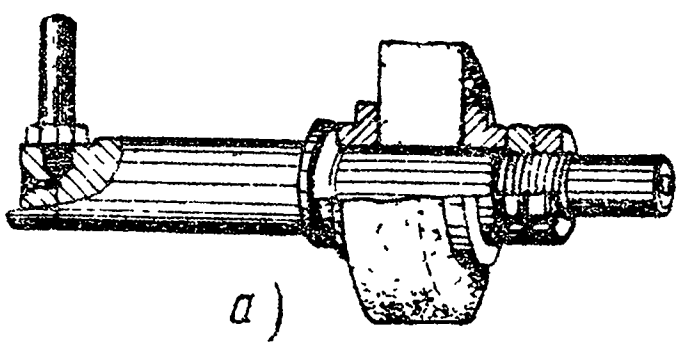
обходимо не только хорошо выправлять рабочую поверхность круга, но и дробить абразивные зерна, расположенные на поверхности. Этому условию удовлетворяет правка твердыми абразивными кругами из карбида кремния. Правка производится в приспособлениях.

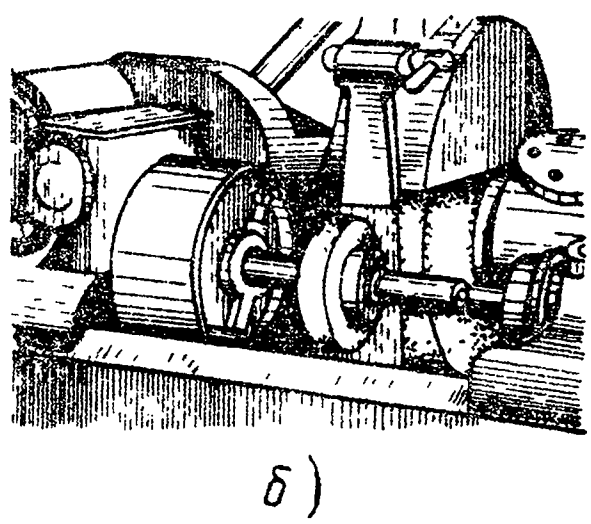
В приспособлениях для правки по методу шлифования правящий круг имеет принудительное вращение. В приспособлениях, работающих по методу обкатки, правящий круг получает движение только в момент контакта с выправляемым кругом. Источником этого движения служит трение о поверхность шлифовального круга. Выправляемый круг в процессе правки осторожно подводится к правящему. Правка ведется при продольной подаче.

На фиг. 41 показано приспособление для правки шлифовального круга по методу обкатки. В его корпусе смонтирован ва-

лик с роликоподшипниками и втулкой для закрепления на нем правящего круга. Хорошие результаты правки в этом приспособлении получаются при повороте оси правящего круга на 5—6° в вертикальной плоскости. Для этой цели на корпусе приспособления имеется шкала с градусными делениями.

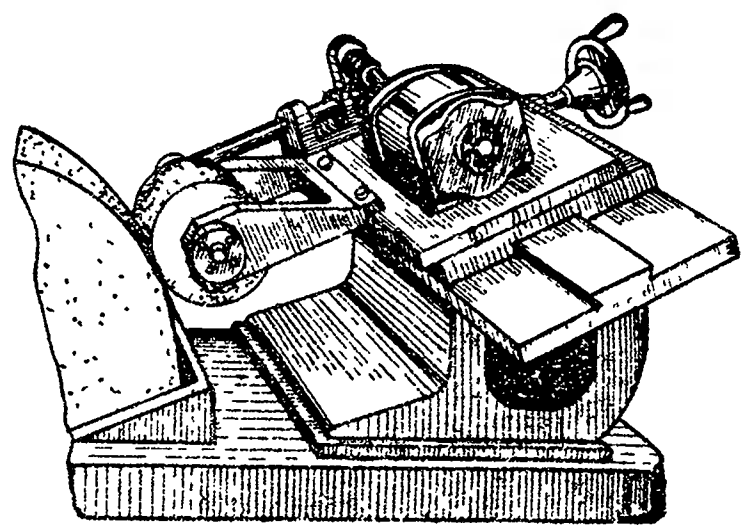
При правке по методу шлифования правящий круг получает вращение от отдельного привода. Простое приспособление этого типа (оправка), на котором жестко закреплен правящий круг из карбида кремния, показано на фиг. 42, *а*. Приспособление устанавливают в упорных центрах круглошлифовального станка вместо детали (фиг. 42, *б*).





Фиг. 42. Приспособление для правки круга по методу шлифования:
а — оправка с кругом; *б* — установка оправки на станке.

На фиг. 43 показано приспособление Челябинского тракторного завода для правки шлифовального круга по методу шлифования. Приспособление закрепляют на столе шлифовального станка. От электродвигателя через червячную и коническую зубчатую передачу вращение передается правящему кругу. Чистота поверхности при шлифовании кругами, выправленными с помощью описанных приспособлений, немного ниже чистоты, полученной при правке алмазом.



Фиг. 43. Приспособление Челябинского тракторного завода.

В качестве правящего инструмента на описанных приспособлениях применяют твердые, весьма твердые и чрезвычайно твердые абразивные круги из карбида кремния на керамической связке. Зернистость правящего инструмента при правке по методу шлифования должна быть на 1—2 номера выше зернистости выправляемого круга, при правке обкаткой на 2—4 номера.

Твердость правящего круга выбирается на две-пять ступеней выше твердости выправляемого круга. При правке обкаткой

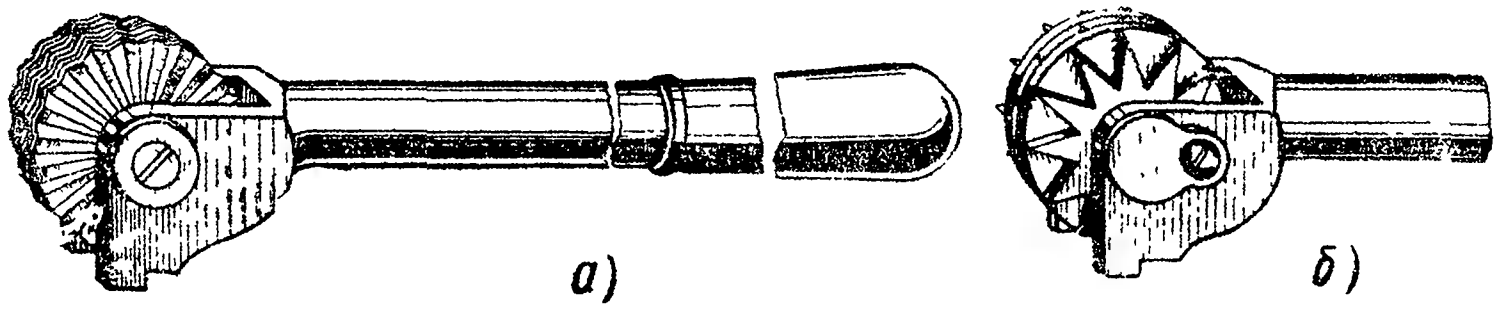
применяют более твердые круги (ВТ, ЧТ), чем при правке шлифованием (Т, ВТ). Диаметр правящего круга выбирается в зависимости от диаметра шлифовального круга (табл. 7).

Таблица 7

Выбор диаметра правящего абразивного круга

Виды станков	Диаметр круга в *мм*	
	выправляемого	правящего
Круглошлифовальные	до 400	60—100
Плоскошлифовальные	св. 400	125—200
Бесцентрово-шлифовальные	до 250	100—150

Шарошки и ролики. Металлическими шарошками быстро выправляют шлифовальный круг и придают ему требуемую форму. Однако опыт показывает, что после правки круга металлическими шарошками нельзя получить чистой поверхности на детали. Это происходит потому, что шарошка не дробит



Фиг. 44. Шарошки:
а — из гофрированных дисков; *б* — из дисков-звездочек.

шлифовальные зерна, как это делает алмаз, а вырывает их из связки. Такие инструменты используют для менее точной правки.

Лучшие результаты дают шарошки из гофрированных (волнистых) дисков, отштампованных из стали или отлитых из отбеленного чугуна (фиг. 44). Гофрированная поверхность диска создает при обработке постоянный контакт инструмента с выправляемым кругом, чем и обеспечивается его равномерная правка. При правке гофрированными дисками уменьшается возможность скалывания краев шлифовального круга. Гофрированные диски по 6—12 штук свободно надеваются на валик, закрепляемый в державке. Шарошки следует крепить к станине или к столу станка.

Твердосплавные диски. Для правки шлифовальных кругов применяют твердосплавные диски. Правка кругов этими дисками производится по методу обкатки. Чистота шлифуемой поверхности при правке твердосплавным правящим инструментом может быть обеспечена до 9 класса.

Твердосплавные монолитные диски изготовляют диаметром 35 или 60 *мм* и соответственно высотой 2,5 или 4 *мм* из твердого сплава марки ВК6. Диски из зерен твердого сплава изготовляют диаметром 35 или 75 *мм*. Твердосплавные диски устанавливают в специальные державки. Режим правки шлифовальных кругов дисками следующий:

а) при черновом шлифовании продольная подача до 0,6 *м/мин* и поперечная подача до 0,05 *мм*;

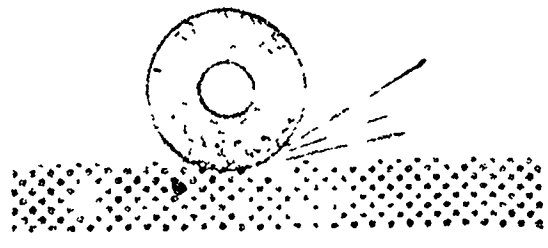
б) при чистовом шлифовании продольная подача до 0,3 *м/мин* и поперечная подача до 0,03 *мм*, причем последние 2—3 прохода выполняются без подачи.

Твердосплавные диски применяют для правки широких кругов и кругов, которым требуется придать геометрическую форму большой точности. Высокая износостойкость, большая твердость, высокая механическая прочность, малые габаритные размеры приспособлений для правки делают эти диски наиболее универсальными.

Основным недостатком безалмазной правки является то, что применяемые инструменты не производят дробления зерен круга, как это делается при алмазной правке, а вырывают их из связки. Поэтому поверхность круга оказывается хуже поверхности, получаемой при правке алмазов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего необходима правка шлифовальных кругов?
2. Что такое износ и засаливание круга?
3. Когда применяют алмаз и алмазно-металлические карандаши для правки шлифовальных кругов?
4. Что такое безалмазная правка кругов?
5. Расскажите о методах правки абразивными кругами.

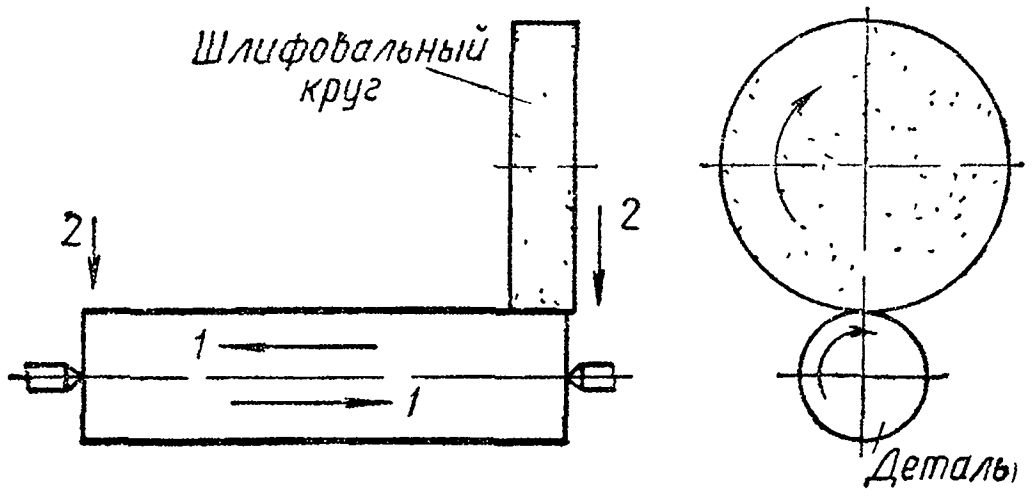


ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ШЛИФОВАНИЕ НАРУЖНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

§ 1. СПОСОБЫ ШЛИФОВАНИЯ

Шлифование продольными проходами. При этом способе шлифования деталь (фиг. 45), вращаясь в упорных центрах, совершает продольное перемещение *1* вправо и влево (продольная подача) на всю длину шлифования. В конце каждого прохода шлифовальный круг подается в направлении детали на установленную глубину шлифования, или на величину поперечной подачи *2*.



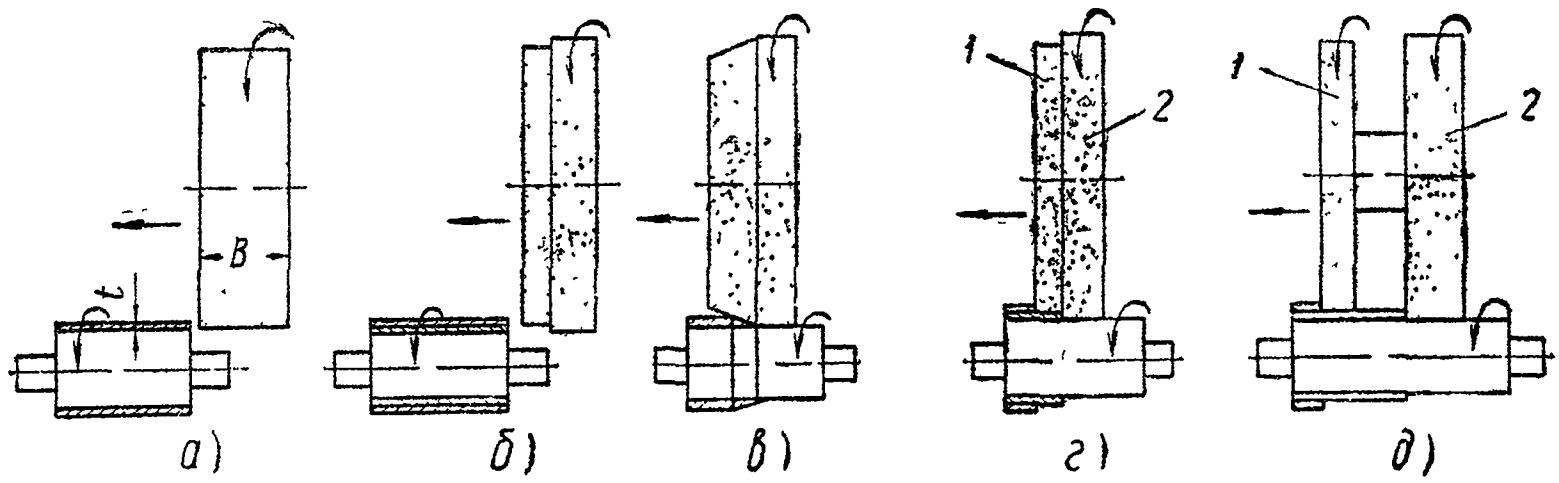
Фиг. 45. Шлифование продольными проходами.

Этот способ выгодно применять для шлифования цилиндрических поверхностей значительной длины. Глубину шлифования рекомендуется выбирать не более 0,05 *мм*. При чистовом шлифовании глубина принимается еще меньшей величины. В этом случае для повышения производительности следует идти по пути увеличения продольной подачи.

Глубинный способ шлифования. Этот способ называют также шлифованием установленным кругом. Глубинное шлифование — это такое шлифование, при котором весь припуск на сторону (от 0,1 до 0,3 *мм*) снимается за один проход с очень малой величиной продольной подачи (фиг. 46, *а*). Шлифовальный круг заправляют ступеньками (фиг. 46, *б*) или с небольшим заборным конусом на высоте 6—12 *мм* (фиг. 46, *в*). Если этого не сделать, то передняя кромка круга будет быстро изнашиваться.

Высокая производительность труда при глубинном способе шлифования достигается уменьшением количества проходов и улучшением условий шлифования.

При шлифовании глубинным способом вместо одного круга иногда ставят два. В этом случае круги склеивают или стягивают шайбами. Круг *1* (фиг. 46, *г*) производит предварительное шлифование, круг *2* — окончательное. Таким образом, в одном проходе объединены и черновое, и чистовое шлифование. Применяют также круги, расположенные на некотором расстоянии друг от друга (фиг. 46, *д*). Назначение кругов *1* и *2* то же самое.



Фиг. 46. Схемы глубинного способа шлифования.

Шлифование врезанием. Этот способ применяется при грубом и чистовом шлифовании круглых деталей диаметром до 300 *мм*. Шлифование производится одним широким кругом *1* (фиг. 47). Деталь *2* не имеет продольной подачи, поперечная же подача шлифовального круга на заданную глубину производится непрерывно механическим или ручным способом. Для получения более правильной и чистой поверхности детали кругу сообщают незначительное перемещение влево и вправо. Разница между наибольшими и наименьшими диаметрами детали не должна превышать 50 *мм*.

Преимущества обработки дегалей по способу врезания перед способом шлифования продольными проходами:

а) подача круга производится непрерывно, что способствует росту производительности труда;

б) можно шлифовать фасонные детали при помощи профилированного шлифовального круга;

в) на шпиндель станка можно устанавливать два или три шлифовальных круга и шлифовать одновременно несколько участков детали.

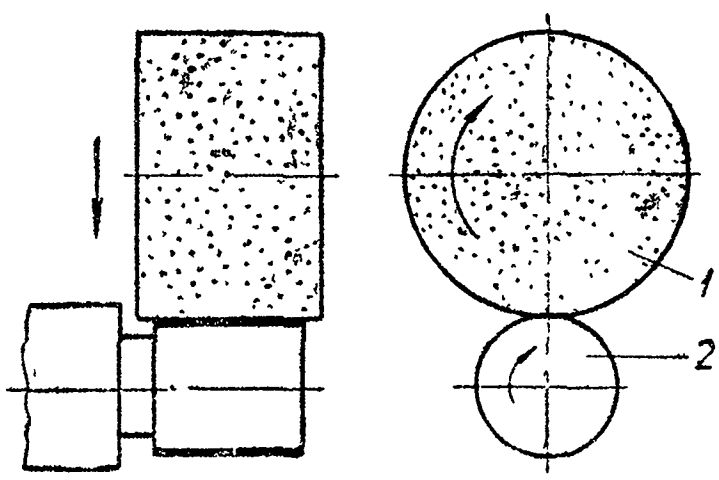
Недостатки способа врезания:

а) круг и деталь имеют большую поверхность соприкосновения, вследствие чего выделяется большое количество тепла,

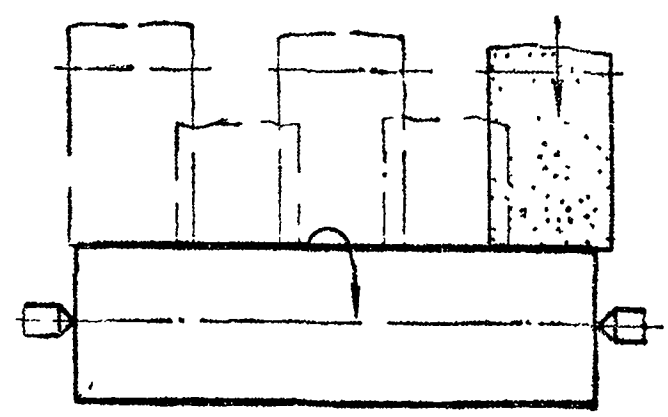
круг и деталь нагреваются сильнее, чем при обычном способе шлифования;

б) круг быстрее теряет свою форму и нуждается в частой правке.

Шлифование уступами. Вначале шлифуют один участок вала при поперечной подаче круга, затем шлифуют соседний с ним участок и т. д. (фиг. 48). При шлифовании края участков перекрывают друг друга на 5—15 *мм*, однако на обработанной поверхности остаются их границы, и поверхность получается ступенчатой. Поэтому каждый участок шлифуют не на полную



Фиг. 47. Шлифование врезанием.



Фиг. 48. Шлифование уступами.

глубину. Оставшийся слой, равный 0,02—0,08 *мм*, снимают двумя-тремя быстрыми продольными проходами. Этот способ выгоден при шлифовании значительной партии одинаковых деталей.

§ 2. УСТАНОВКА ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКЕ

Наружные цилиндрические поверхности шлифуют на круглошлифовальных станках. Широко распространен способ шлифования в центрах (фиг. 49). Неподвижный передний центр вставляют в отверстие передней бабки станка. Задний центр помещают в отверстие задней бабки. Этот центр также неподвижен во время работы.

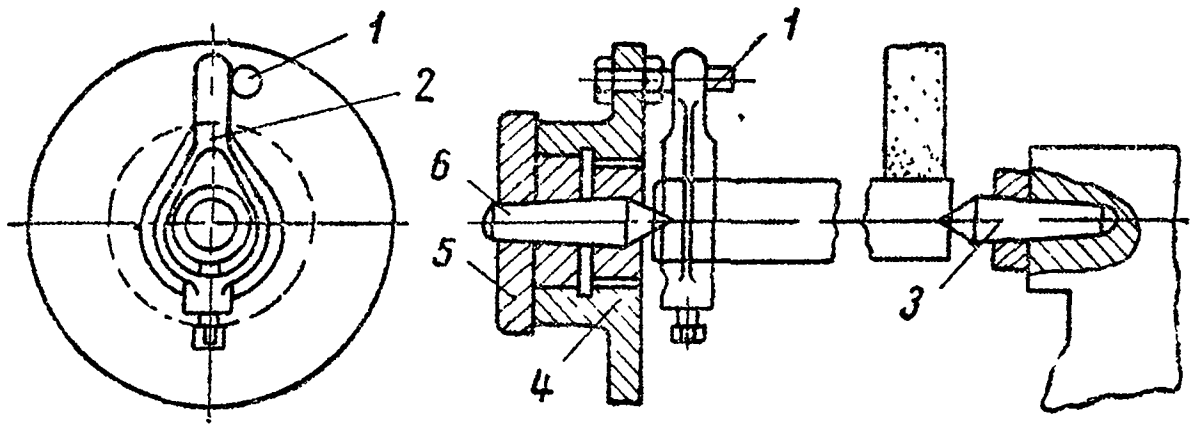
Упорные центры имеют конический хвостовик, который легко входит в конические отверстия передней и задней бабки и также легко вынимается из них. Рабочий конец центра затачивается на конус с углом при вершине, равным 60°. Этот конец входит в центровые отверстия на торцах шлифуемой детали и поддерживает ее во время работы. Размеры применяемых центров различаются по номерам.

Центровые отверстия. Чтобы закрепить деталь между упорными центрами, на ее торцах делают центровые отверстия. На фиг. 50 показаны два вида центровых отверстий. Большинство

ошибок в форме детали при обработке в упорных центрах появляется из-за неправильного выполнения центровых отверстий (фиг. 51).

Перед установкой детали на станке центровые отверстия должны быть очищены от грязи и смазаны, чтобы уменьшить трение, являющееся причиной нагревания центра. При большой скорости вращения центр нагревается настолько, что оказывается непригодным для дальнейшей работы.

В современных шлифовальных станках упорный центр задней бабки опирается на пружину, сила нажатия которой регулируется. При таком устройстве деталь находится в центрах под постоянным давлением. Это уменьшает дрожание детали.



Фиг 49. Установка детали в упорных центрах шлифовального станка:

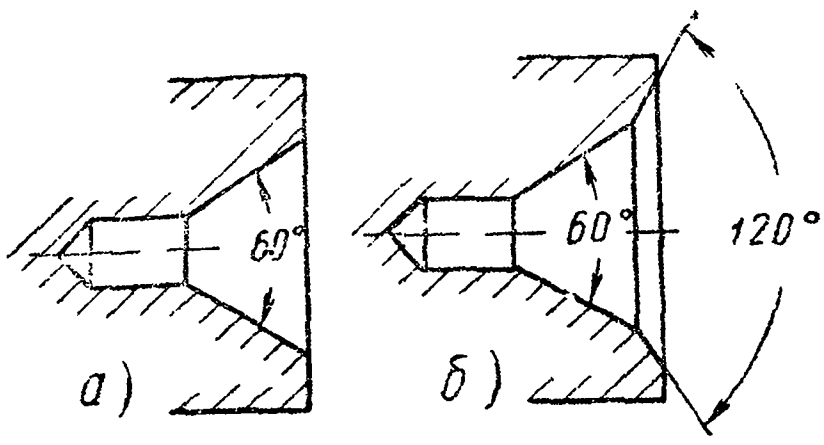
1 — поводковый палец; *2* — хомутик; *3* — задний упорный центр; *4* — поводковый патрон, *5* — шпиндель станка; *6* — передний упорный центр.

В процессе шлифования деталь нагревается и поэтому несколько удлиняется, заставляя задний центр перемещаться вдоль своей оси.

Поводковые устройства используются для приведения детали во вращательное движение. На большинстве станков они вращаются вокруг неподвижной втулки с закрепленным в ней упорным центром. Это позволяет повысить точность шлифования.

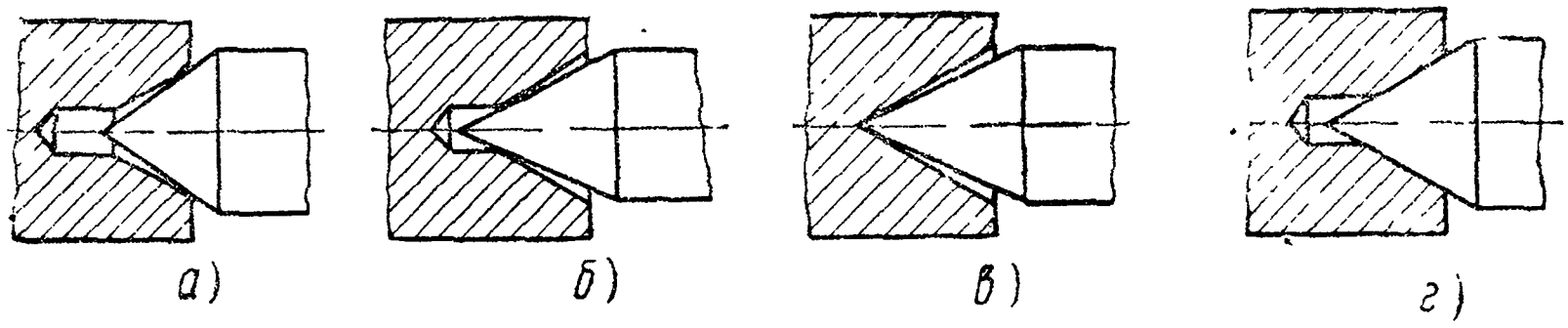
Наиболее простым устройством для передачи движения шлифуемой детали является винтовой хомутик (фиг. 52, *а*), но его установка и закрепление на детали требуют много времени. Чтобы сократить время на закрепление детали, чаще применяют поводковые устройства других конструкций.

Торцовый поводок (фиг. 52, *б*) позволяет шлифовать деталь за одну установку. Корпус *5* такого поводка навертывается на шпиндель *6* передней бабки. Закрепленный винтом *2* качающийся палец *1* входит во вспомогательное отверстие вала *3* и передает ему вращение. Передний упорный центр *4* срезан.



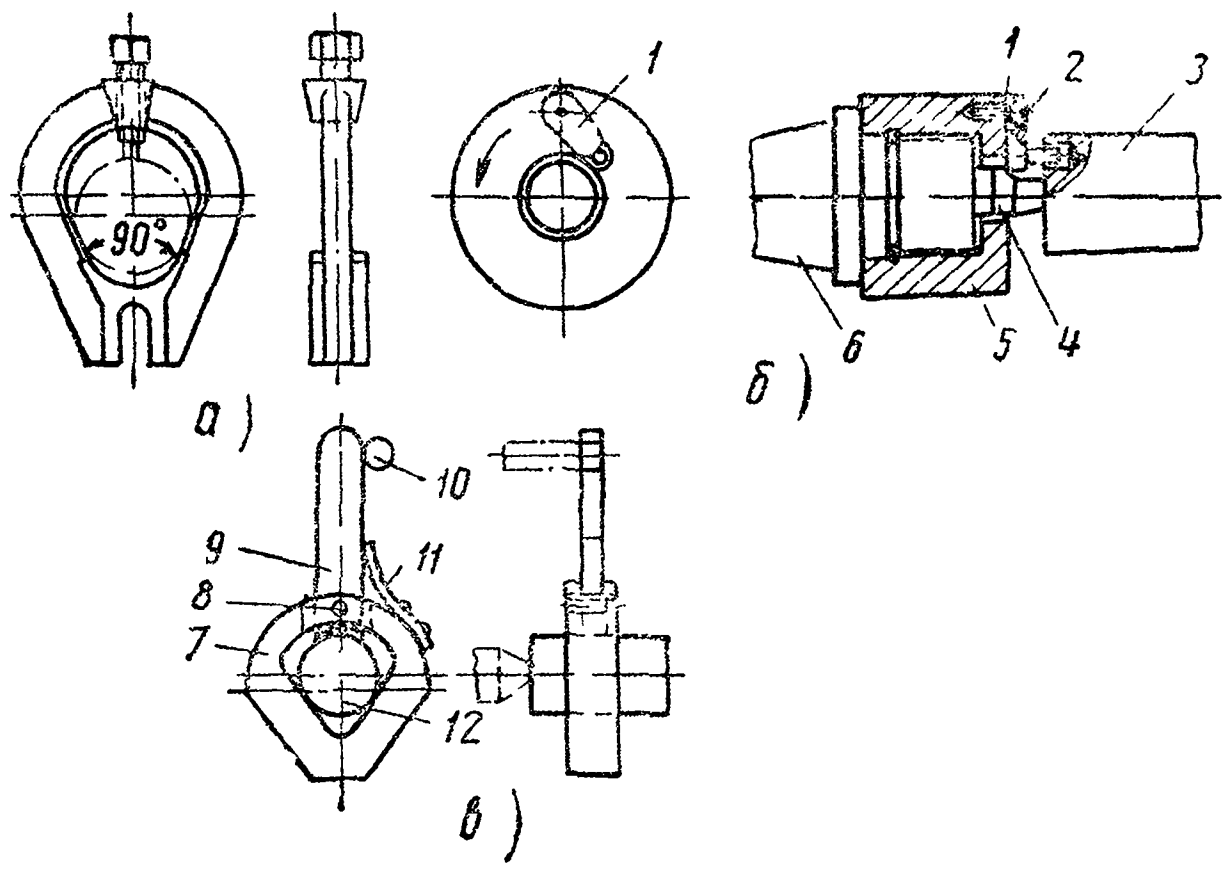
Фиг. 50. Формы центровых отверстий:

а — без предохранительного конуса; *б* — с предохранительным конусом.



Фиг. 51. Выполнение центровых отверстий:

а, *б*, *в* — неправильное; *г* — правильное.

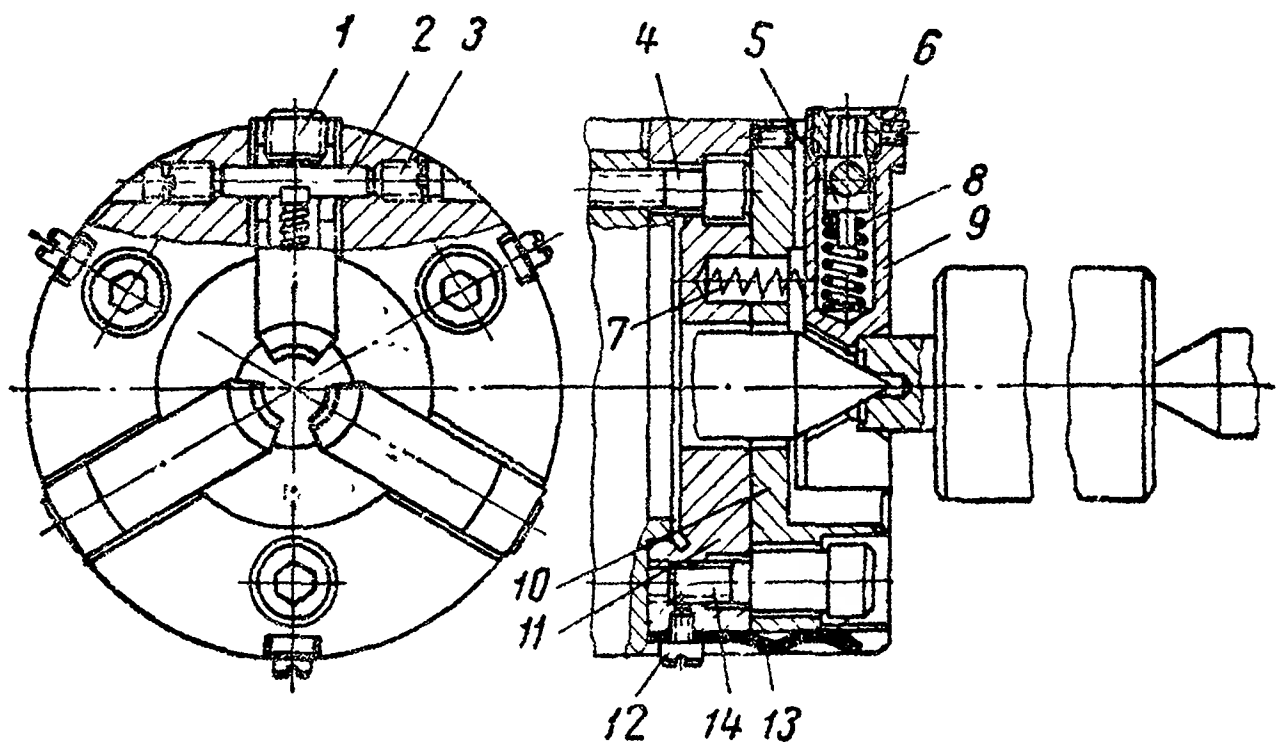


Фиг. 52. Поводковые устройства:

а — винтовой хомутик; *б* — торцовый поводок, *в* — самозажимной хомутик

Этот поводок можно применять только для деталей, имеющих диаметр не менее 40—45 *мм*.

Самозажимной хомутик показан на фиг. 52, *в*. В его корпусе *7* на оси *8* может повертываться кулачок *9*, который с помощью плоской пружины *11* прижимается своей насеченной поверхностью к поверхности детали. Палец *10* поводковой планшайбы давит на хвост кулачка *9* и таким образом закрепляет деталь *12*. Установка самозажимного хомутика занимает меньше времени, чем обычного.



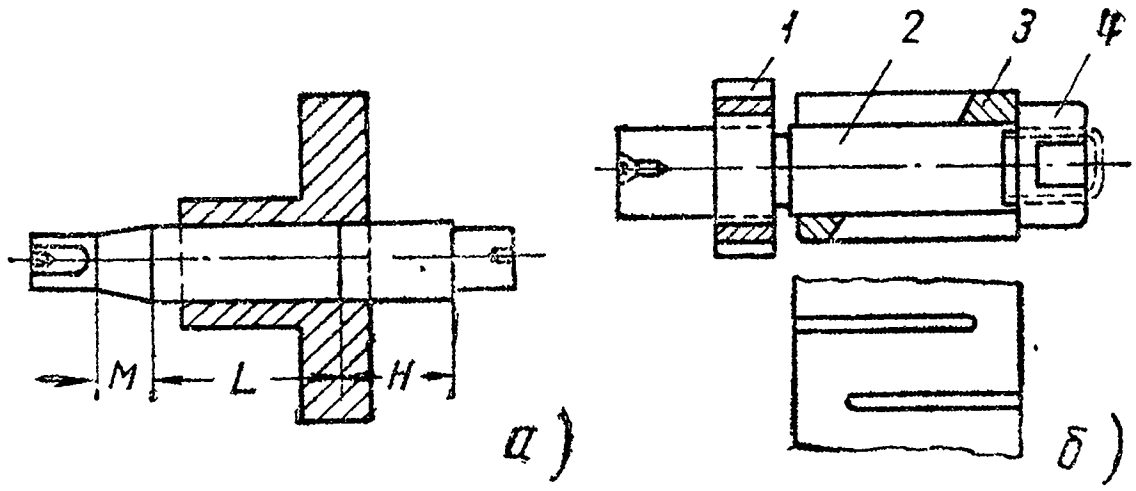
Фиг 53. Самозажимающий поводковый патрон.

В условиях крупносерийного производства и на автоматизированных станках применяют самозажимающие поводковые патроны с радиально расположенными подпружиненными зажимающими кулачками. В этих патронах деталь автоматически зажимается при поджиме заднего центра и также автоматически выталкивается из патрона после отвода заднего центра. При этом кулачки патрона занимают исходное положение для зажима следующей детали.

На фиг. 53 показана конструкция самозажимающего поводкового патрона. На диске *11*, который крепится к шпинделю станка винтами *4*, закрепляется винтами *14* планшайба *10*. Между отверстиями в планшайбе и винтами имеется большой зазор, поэтому планшайба может перемещаться относительно диска *11*. Это дает возможность шлифовать детали, у которых ось центрового отверстия не совпадает с осью шейки, за которую деталь закрепляется. Плоские пружины *13*, закрепляемые в пазах диска винтами *12*, играют роль амортизаторов. Радиально расположенные на планшайбе три кулачка *9* прижимаются к центру пружинами *8*, которые, в свою очередь, через сухари *5* опирают-

ся на оси *2*, закрепляемые винтами *3*. Регулирование расхождения кулачков осуществляется пробками *1*, которые стопорятся винтами *6*. Пружиной *7* производится отвод кулачков перед установкой детали. Конструкция патрона допускает регулирование кулачков для зажима деталей, у которых диаметры зажимаемой части отличаются друг от друга на 5 *мм*. Вспомогательное время на закрепление и снятие шлифуемой детали с применением этих патронов значительно сокращается.

Шлифовальные оправки. Детали, имеющие большие отверстия, концентричные обрабатываемой поверхности, шлифуются на оправках. Оправки, как правило, устанавливаются в упорных центрах. Центровые отверстия у оправок должны быть закалены и тщательно обработаны. Шлифовальные оправки бывают жесткими и разжимными.



Фиг. 54. Шлифовальные оправки:
а — жесткая; *б* — разжимная.

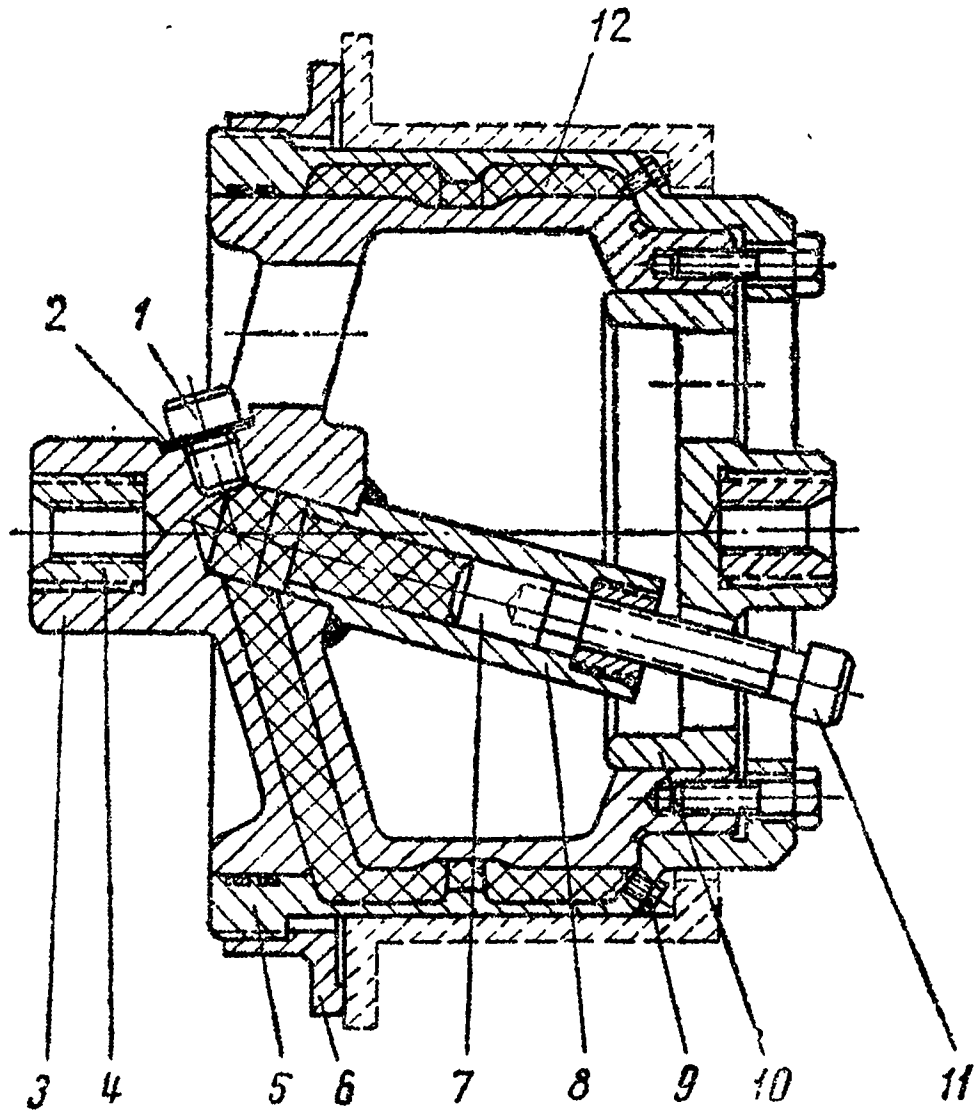
Жесткая шлифовальная оправка выполняется на длине *L* цилиндрической (фиг. 54, *а*). Левый конец ее на длине *M* имеет конус, облегчающий введение оправки в отверстие. Правый конец на длине *H* тоже конический, но его диаметр здесь не уменьшается к концу, а наоборот, увеличивается. Такая оправка центрирует деталь своей цилиндрической частью *L* и закрепляет ее конической частью.

Разжимные шлифовальные оправки (фиг. 54, *б*) используют для обработки деталей с более грубыми допусками на выполнение центрального отверстия. Средняя часть *2* такой оправки сделана конической и на нее надета втулка *3*, имеющая с обоих концов по три прорези. Втулка при помощи гайки *4* может надвигаться на конус средней части, вследствие чего ее диаметр будет увеличиваться, а сидящая на ней деталь закрепляться. Чтобы снять деталь с оправки, необходимо ослабить гайку *4* и затем сдвинуть втулку вправо гайкой *1* до первоначального положения.

Оправки с тонкостенной пружинящей гильзой применяют недавно. Весьма важным их преимуществом является высокая

чувствительность к форме отверстия детали и очень точное центрирование детали на оправке. В этих оправках центрирующая часть не имеет прорезей и работает как тонкостенный цилиндр, испытывающий изнутри равномерное давление. Для создания этого давления используется пластичный заполнитель.

На фиг. 55 показана такая оправка, заполненная гидравлической пластмассой, в состав которой входят полихлорвиниловая смола и другие вещества. Эта масса не теряет своей упругости при температуре от +60 до —20°. Она заполняет каналы корпуса оправки и полости между корпусом и тонкостенной пружинящей втулкой. Толщина стенок этой втулки составляет 1,0—2 *мм*. В корпусе *3* оправки установлено кольцо *10*. В кольцо и в корпус ввернуты термически обработанные втулки *4* с отверстиями для центров. Шлифуемая деталь надевается на втулку *5* до упора *6*. Закрепление шлифуемой детали выполняется втулкой *5* посредством пластической массы *12*. Для подачи массы служит винт *11*, перемещающий плунжер *7* в трубке *8*. Винт *1* и шайба *2* герметически закрывают отверстие, через которое происходит заполнение оправки пластмассой, при этом воздух выходит через шесть отверстий, закрываемых винтами *9*. Регулировка такой оправки требует особой осторожности.



Фиг. 55. Оправка с гидравлическим зажимом.

§ 3. ПОДГОТОВКА ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ К КРУГЛОМУ НАРУЖНОМУ ШЛИФОВАНИЮ

Типовой деталью для круглого наружного шлифования является валик. Перед шлифованием валика выполняют подготовительную работу, в которую входят следующие этапы:

1) выбор характеристики шлифовального круга;
2) установка шлифовального круга;

3) балансировка шлифовального круга;
4) правка шлифовального круга;
5) установка детали в центре или на оправке;
6) установка упоров продольной подачи;
7) пробные проходы и подналадка станка.

Первые четыре этапа освещались в первой и третьей главах, поэтому рассмотрим только последние три.

Перед установкой детали на станок проверяют, нет ли на рабочих поверхностях упорных центров повреждений. Центровые отверстия детали тщательно очищают и смазывают солидолом. После этого приступают к выверке центров станка. Заднюю бабку ставят в нужное положение и, надев на шлифуемую деталь хомутик, закрепляют его болтом. Затем берут деталь в левую руку и ставят ее центровым отверстием на центр передней бабки, одновременно отводя правой рукой задний центр. После этого подводят заднюю бабку и вводят в ее второе центровое отверстие упорный центр.

Давление пружины заднего центра проверяют следующим образом. Если при повертывании вручную деталь вращается с усилием, давление уменьшают, немного отодвинув вправо заднюю бабку, если же деталь вращается очень легко, то ее слегка прижимают упорным центром задней бабки при помощи винта.

Упоры продольной подачи устанавливают так, чтобы при шлифовании круг не задевал за хомутик и не выходил из соприкосновения с деталью. При чистовом шлифовании кругу дают возможность выходить из соприкосновения с деталью на величину от 5 до 10 *мм*. Определив положение нулевых линий передней бабки и поворотного стола, дают вращение сначала шлифовальному кругу, а затем детали. Круг подводят так, чтобы он слегка коснулся детали, и дают пробный проход. Если при этом искрение не появляется, круг отводят, пускают охлаждение и начинают шлифование.

Если при пробном проходе обнаруживают, что деталь получается конической, круг отводят, микрометром измеряют диаметры на одном и другом концах и повертывают при помощи микрометрического винта верхнюю часть стола. Затем шлифуют деталь и производят ее измерение. Если при измерении конусность будет обнаружена, то необходимо повернуть верхнюю часть стола и снова прошлифовать деталь.

Шлифование валика обычно производят в два приема: черновое шлифование с припуском на чистовое; чистовое шлифование.

Шлифовщик должен иметь запасный комплект хомутиков и осуществлять во время шлифования одной детали подготовку

другой, т. е. закрепление хомутика и подготовку центровых отверстий.

§ 4. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ БРАКА ПРИ КРУГЛОМ ШЛИФОВАНИИ

При круглом шлифовании возможны следующие виды брака: отклонение от заданных размеров, рябь, прижоги, конусность, овальность, отклонение от допустимой высоты неровностей.

Рябь появляется главным образом вследствие вибраций шлифуемой детали или станка. Причины появления вибраций:

а) неправильное соотношение скоростей вращения круга и детали (скорость круга недостаточна или чрезмерно большая скорость вращения детали);

б) неправильное закрепление и установка люнетов или недостаточное их количество;

в) неплотное прилегание центров станка к гнездам шпинделя или к углублениям детали;

г) слабое закрепление детали в центрах;

д) плохо выправлен и сбалансирован шлифовальный круг, вследствие чего появляется биение круга;

е) обработка слишком тяжелых деталей, не соответствующих мощности станка;

ж) засорение и засаливание круга, что вызывает большое давление его на шлифуемую деталь;

з) качание (игра) шпинделя станка в подшипниках, вызываемое износом подшипников.

Конусность при шлифовании вызывается смещением центра задней бабки, а также поворотом стола продольной подачи по отношению к направляющим станины.

Прижоги появляются вследствие нагрева детали. Шлифованная поверхность с прижогами не износостойка. Основной причиной прижогов является неправильный выбор круга. Слишком твердые, быстро засаливающиеся шлифовальные круги, чрезмерная скорость вращения их всегда вызывают излишний нагрев детали и часто, как следствие, прижоги и искривление их.

Овальность деталей получается чаще всего в результате неточного выполнения центровых отверстий деталей и неплотного прилегания их к центрам станка. Неравномерное поджатие подушки люнета, овальность шеек шпинделя передней бабки также вызывают овальность.

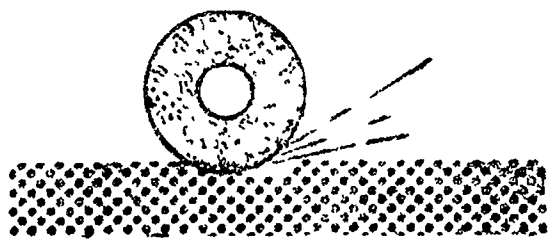
Таким образом, вибрации могут быть вызваны внешними причинами (вынужденные колебания) и самим процессом резания (автоколебания).

Для уменьшения шероховатости шлифуемых поверхностей применяют выхаживание, алмазную правку круга, скоростное шлифование, используют мелкозернистый круг, изменяют режимы резания, выбирают круг со связкой, обладающей большой полирующей способностью, и применяют охлаждающие жидкости.

Необходимо отметить, что теплота, образующаяся при работе механизмов станка, снижает точность размеров шлифуемых деталей.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите способы шлифования наружных цилиндрических поверхностей.
2. Особенности глубинного способа шлифования.
3. Роль и значение центровых отверстий на торцах шлифуемых деталей.
4. Какие приспособления необходимы для шлифования детали в центрах?
5. Как устроен самозажимаемый хомутик?
6. Для чего предназначены шлифовальные оправки?
7. Перечислите возможные виды брака при круглом наружном шлифовании и меры предупреждения его.
8. Когда появляется конусность и овальность при шлифовании цилиндрических деталей?
9. Для чего необходим люнет?

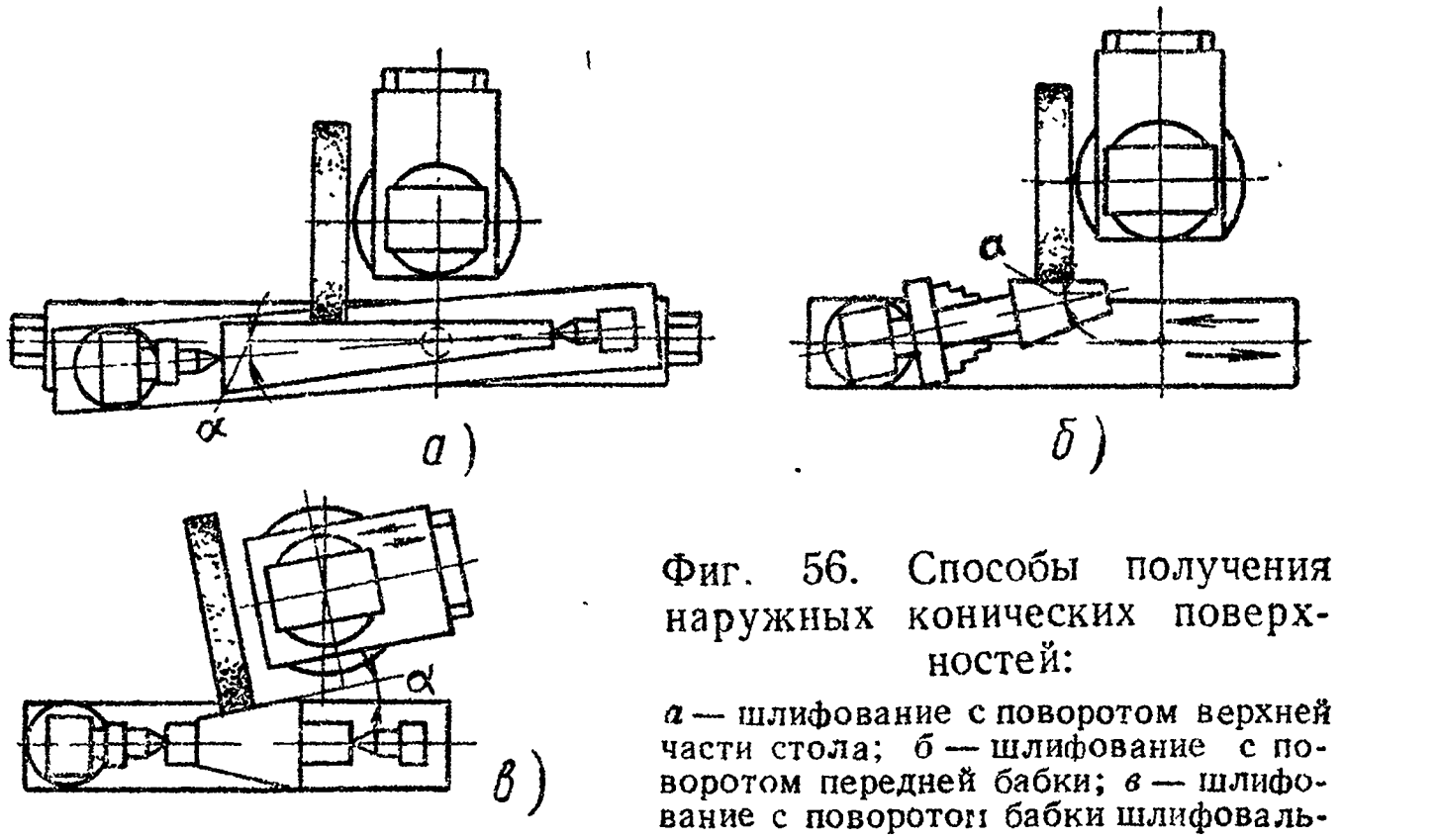


ГЛАВА ПЯТАЯ

ШЛИФОВАНИЕ НАРУЖНЫХ КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

§ 1. СПОСОБЫ ШЛИФОВАНИЯ КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Шлифование наружных конических поверхностей на круглошлифовальных станках может быть произведено: а) поворотом стола; б) поворотом передней бабки; в) поворотом бабки шлифовального круга.



Фиг. 56. Способы получения наружных конических поверхностей:

а — шлифование с поворотом верхней части стола; *б* — шлифование с поворотом передней бабки; *в* — шлифование с поворотом бабки шлифовального круга.

Шлифование конусов с поворотом стола. Внешние конусы, имеющие небольшой угол при вершине 2α, шлифуются в центрах с поворотом верхней части стола на угол α (фиг. 56, *а*). Поворот производят по делениям, нанесенным на одном из концов стола. Наибольший поворот стола допускается 6—7°. Это дает возможность прошлифовать конус с углом 2α, равным 12—14°. Такая установка стола позволяет располагать обрабатываемую поверхность конуса параллельно направлению продольной подачи стола. Поперечная подача осуществляется бабкой шлифовального круга.

Шлифование конусов с поворотом передней бабки. Шлифование конусов с большим углом при вершине и небольшой длиной можно производить в патроне при повороте передней бабки на величину угла α (фиг. 56, *б*). Шлифование выполняют с продольной подачей стола, верхняя часть которого стоит на нулевом делении. После каждого прохода шлифовальному кругу дают поперечную подачу.

Шлифование конусов с поворотом бабки шлифовального круга. Внешние крутые и длинные конусы шлифуют в центрах с поворотом салазок бабки шлифовального круга в положение, при котором ось салазок параллельна образующей конуса (фиг. 56, *в*). Угол поворота бабки равен углу α. Продольная подача в этом случае может быть осуществлена только перемещением бабки шлифовального круга вручную. Подача на глубину производится путем продольного перемещения стола влево. Порядок подготовки станка и детали для шлифования конусов такой же, как и при шлифовании наружных цилиндрических поверхностей.

§ 2. ИЗМЕРЕНИЕ КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

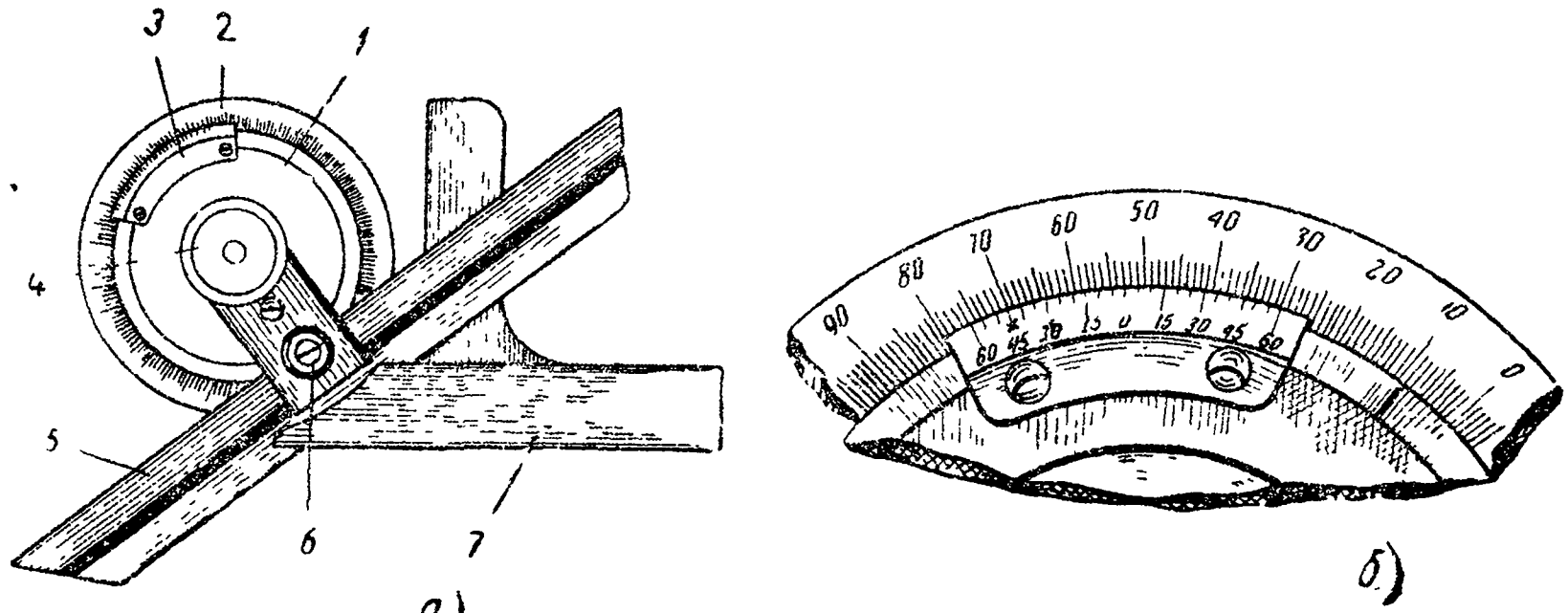
Правильность отшлифованных конических поверхностей проверяют различными измерительными инструментами и приборами. Шлифовщик чаще всего пользуется угломерами, калибрами и шаблонами.

Универсальный угломер. При помощи универсального угломера (фиг. 57, *а*) можно отсчитывать величину угла конуса в градусах и минутах. Универсальный угломер состоит из двух дисков *1* и *2*, сидящих на одной оси, и линейки *5*, прикрепляемой винтом *6* к диску *1*. Этот диск можно повертывать на любой угол относительно диска *2*. Оба диска закрепляют гайкой *4* в установленном положении. При отпущенном винте *6* линейку *5* можно передвигать в продольном направлении и устанавливать в нужном положении. Линейка жестко скрепляется с диском *1*.

Неподвижный диск *2* составляет одно целое с корпусом угломера, выполненного в виде угольника *7*. По окружности неподвижного диска нанесено 360 делений, от 0 до 90° в обе стороны и затем от 90 до 0°. Величина каждого деления равна 1°. К подвижному диску *1* прикреплен нониус *3*. Вправо и влево от нуля нониуса отложено по 12 делений. Каждые 12 делений нониуса равняются 23°, т. е. 23 делениям неподвижного диска *2*. Следовательно, каждое деление нониуса равно $23° : 12 = 1\frac{11°}{12}$.

Точность отсчета по нониусу равна разности между двумя делениями основной шкалы и одним делением нониуса, т. е. $2°-1\frac{11°}{12}=\frac{1°}{12}=5'$.

Отсчет величины измеряемого угла производится по шкале диска *2*, по которой определяется целое число градусов. Части градусов отсчитываются в минутах по нониусу, причем пользуются правой или левой частью нониуса. Для этого обращаются к той части шкалы, которая расположена по ходу отсчета,



Фиг. 57. Измерение углов универсальным угломером:
а — универсальный угломер; *б* — нониус угломера.

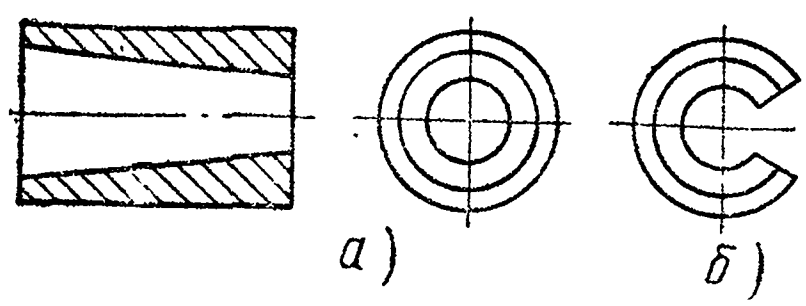
т. е. если целое число градусов отсчитывалось по шкале в направлении справа налево, отсчет ведется по шкале нониуса, лежащей левее его нуля. Число минут, указываемых нониусом, соответствует тому его делению, которое совпадает с каким-либо делением основной шкалы.

Цифры нониуса означают не порядковые номера делений, а числа минут, которым соответствует данное деление. При пользовании нониусом отыскивается то деление его, которое совпадает с каким-либо делением шкалы. Обратимся к примеру отсчета по нониусу (фиг. 57, *б*). Здесь отсчет целых градусов дает величину, равную 52, а нониус показывает 45′, так как с делением основной шкалы совпадает 9-е деление, отмеченное на фиг. 57, *б* звездочкой. Таким образом, угломер в данном случае установлен на угол 52°45′.

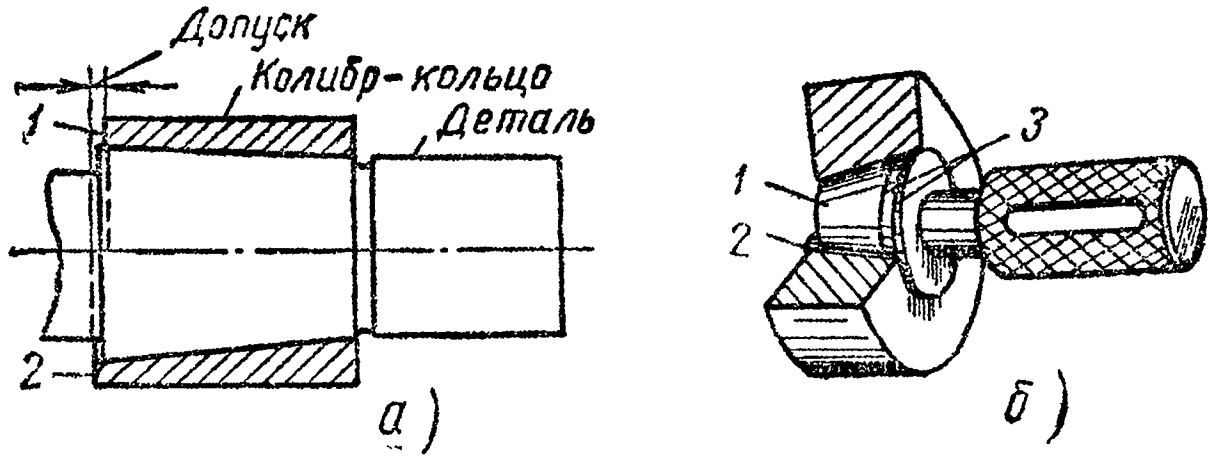
Если необходимо проверить, соответствует ли чертежу какой-либо угол, линейки угломера устанавливают по шкале и нониусу на этот угол и этим инструментом пользуются как угольником. Можно поступить иначе: измерить фактическую величину угла на детали и сравнить ее с величиной, указанной на чертеже.

Существуют угломеры, нониусы которых дают большую точность отсчета.

Конические калибры. Угол конуса и один из его диаметров может быть проверен нормальными или предельными коническими калибрами. Калибром для наружной конической поверхности служит нормальный конический калибр-кольцо полный (фиг. 58, *а*) или с продольным вырезом (фиг. 58, *б*). На измеряемой конической поверхности вдоль ее оси проводят карандашом две риски, отстоящие друг от друга приблизительно на одну четверть окружности. После этого деталь осторожно вводят в калибр, с небольшим нажимом повертывают ее внутри калибра и вынимают для осмотра. Если обе риски по всей их длине будут сохранены или стерты, то угол поверхности детали совпадает с углом калибра. Если же в одних местах риски стерлись, а в других остались нетронутыми, это показывает, что углы конусов калибра и детали неодинаковы. Та-



Фиг. 58. Нормальные калибры-кольца для конусов:
а — полный; *б* — неполный.



Фиг. 59. Измерение углов предельными калибрами:
а — предельным калибром-кольцом; *б* — предельным калибром-пробкой.

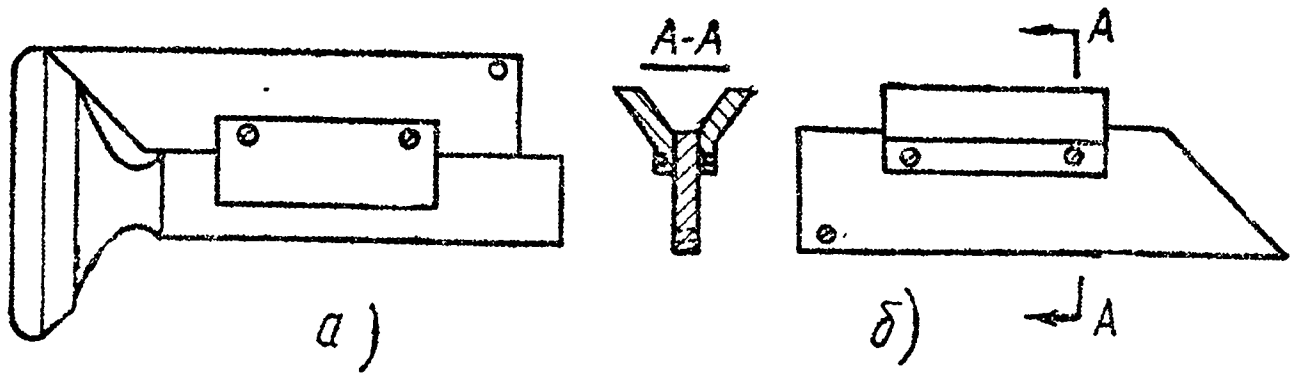
ким же образом можно проверить и внутренние конические поверхности, пользуясь нормальным коническим калибром-пробкой.

Конические калибры бывают и предельными. На фиг. 59, *а* показан способ измерения наружного конуса предельным калибром-кольцом. На торце калибра имеется уступ. Если торец детали, введенной в это кольцо, находится между поверхностями калибра *1* и *2*, то диаметр конуса детали выполнен в пределах допуска. Угол может быть проверен этим же калибром, только на краску или на карандашный штрих.

На предельных калибрах-пробках, предназначенных для проверки конических отверстий (фиг. 59, *б*), имеется две кольце-

вые риски *3* или уступ с поверхностями *1* и *2*. Если отверстие обработано правильно, то калибр должен входить в него не дальше второй риски и не ближе первой или же торец детали должен находиться между плоскостями *1* и *2*.

Шаблоны. Шаблон, или чистовой калибр,— инструмент, с помощью которого можно проверить правильность геометрической формы и размеров детали, в данном случае элементов ко-



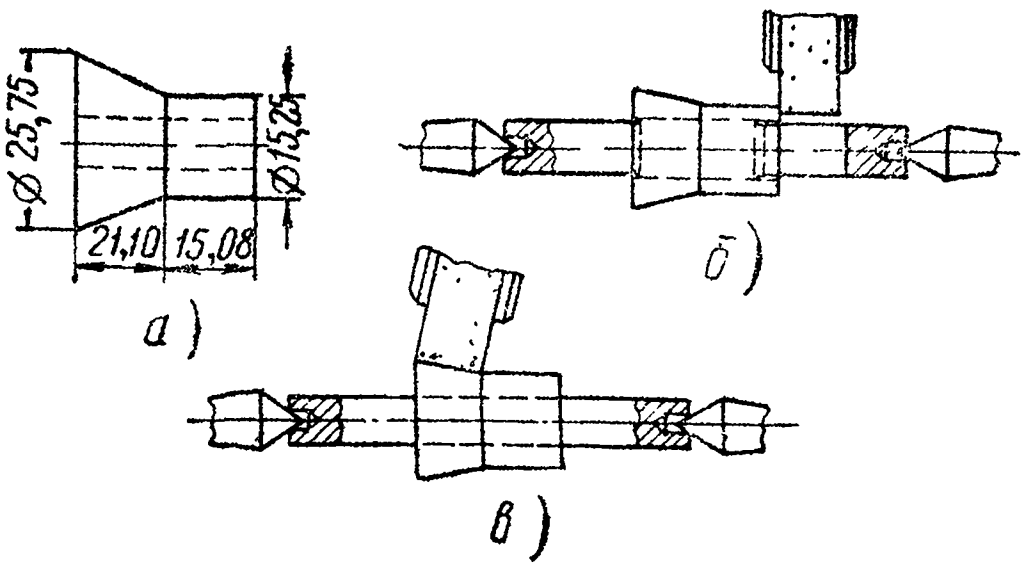
Фиг. 60. Шаблон для проверки уклона:
а — процесс проверки; *б* — шаблон.

нической поверхности. Как правило, шаблоны изготовляются для проверки только одной определенной детали и не могут быть использованы для деталей другого размера или иной формы. Конструкции шаблонов различны. На фиг. 60 изображен один из шаблонов для проверки уклона клапана.

§ 3. ШЛИФОВАНИЕ СОПРЯЖЕННЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ И КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

При шлифовании сопряженных цилиндрических и конических поверхностей с точностью до 0,01 *мм* необходимо обращать особое внимание на порядок чередования операций технологического процесса. Неправильная очередность обработки поверхности может привести к браку.

На фиг. 61, *а* показана деталь, которую необходимо прошлифовать. Порядок работы должен быть следующим. Внутреннее отверстие под оправку обрабатывают до заданного размера шли-



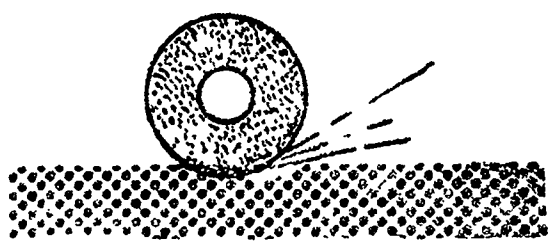
Фиг. 61. Шлифование цилиндрической поверхности с переходом на конус:
а — деталь; *б* — шлифование торцов; *в* — шлифование конуса.

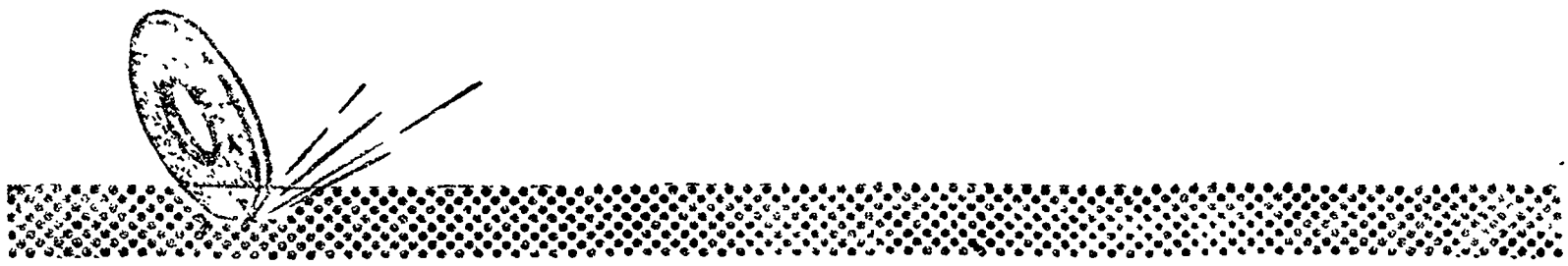
фованием или развертыванием. После этого деталь насаживают на оправку и шлифуют торцы, как показано на фиг. 61, *б*. Оба торца шлифуют без снятия детали с оправки. Оправка должна быть такой, чтобы ее выступающие из отверстия концы имели диаметр меньше диаметра посадочной части. При таких условиях круг не оставит заусенцев. Затем шлифуют цилиндрическую поверхность и в заключение шлифуют конус.

Шлифование конуса производят на стальной закаленной оправке (фиг. 61, *в*) способом врезания с поворотом шлифовального круга на требуемый угол. Стол укрепляют неподвижно, чтобы при шлифовании конуса он не смещался. Только при этом условии можно получить коническую поверхность без подрезки в месте перехода от конуса к цилиндру.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите способы шлифования наружных цилиндрических поверхностей.
2. Расскажите, как повертывается на необходимый угол стол при шлифовании конических поверхностей.
3. Когда применяют шлифование конусов с поворотом передней бабки?
4. Что такое универсальный угломер и как он устроен?
5. Как отсчитывают показания угломера?
6. Для чего предназначены конические калибры?
7. Для чего служат предельные калибры?
8. Какие поверхности измеряют шаблонами?
9. Расскажите о шлифовании сопряженных цилиндрических и конических поверхностей.





ГЛАВА ШЕСТАЯ

ВНУТРЕННЕЕ ШЛИФОВАНИЕ

§ 1. ОСОБЕННОСТИ ВНУТРЕННЕГО ШЛИФОВАНИЯ

При наружном шлифовании диаметр круга не зависит от диаметра детали, он выбирается в зависимости от размеров и мощности станка. При внутреннем шлифовании диаметр круга всегда должен быть меньше диаметра отверстия. Круги малых диаметров быстро изнашиваются и требуют частой правки. Процесс внутреннего шлифования необходимо разделять на черновое и чистовое шлифование.

Окружная скорость шлифовального круга почти не зависит от того, какая обрабатывается поверхность — наружная или внутренняя. Внутреннее шлифование ведут кругами небольших диаметров, поэтому шлифовальному кругу внутришлифовального станка необходимо сообщать очень большое число оборотов. Например, при окружной скорости 30 *м/сек* и диаметре круга 20 *мм* число оборотов должно составлять приблизительно 28000 об/мин. Достижение столь высоких скоростей вызывает затруднения при создании станков с такими числами оборотов.

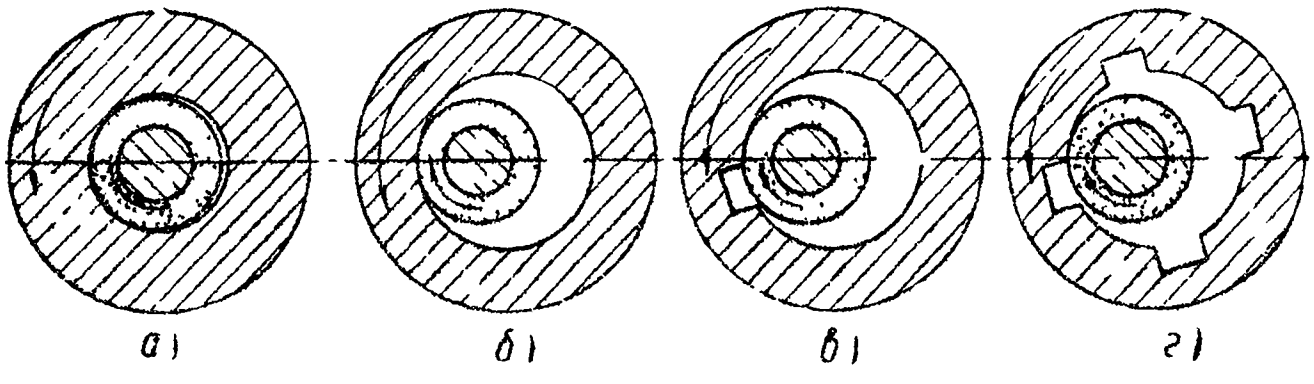
При шлифовании отверстий затруднено удаление из них снимаемой стружки; при наружном шлифовании этих трудностей нет. Кроме того, наличие большой дуги соприкосновения между кругом и поверхностью детали вызывает повышенный нагрев детали.

При внутреннем шлифовании работают без охлаждения значительно чаще, чем при наружном, ввиду трудностей подвода и отвода охлаждающей жидкости. Как правило, стальные детали шлифуют с охлаждением, а чугунные и бронзовые — всухую.

Точность обработки отверстий, получаемая шлифованием, достигает 2 класса точности. Диаметр шлифовального круга определяется диаметром отверстия. При диаметре отверстия от 30 до 40 *мм* (фиг. 62, *а*) диаметр круга выбирается почти равным этому диаметру, и круг входит в отверстие с небольшим зазором. С увеличением диаметра отверстия от 50 до 150 *мм* диаметр

круга принимается равным 0,6—0,9 диаметра отверстия (фиг. 62, *б*). При очень больших отверстиях рекомендуется диаметр круга брать не более половины диаметра отверстия. При этом окружная скорость круга не должна превышать скорость, указанную в маркировке.

Высота кругов выбирается в зависимости от их диаметра, мощности станка, способа шлифования и формы обрабатываемой поверхности. Если работа выполняется по способу многократных проходов, следует применять круг диаметром более 50 *мм* и высотой 50 *мм*; при диаметре меньше 50 *мм* высота круга выбирается несколько меньшей и при малых диаметрах



Фиг. 62. Выбор круга для внутреннего шлифования.

и маломощных станках доходит до 6—13 *мм*. Шлифование отверстий, поверхность которых пересечена шпоночными канавками (фиг. 62, *в* и *г*), производится кругами высотой 25—40 *мм*. Круги высотой больше 50 *мм* применяются при шлифовании врезанием.

При внутреннем шлифовании выбирают более мягкие круги, чем при наружном, так как дуга соприкосновения в первом случае больше, чем во втором.

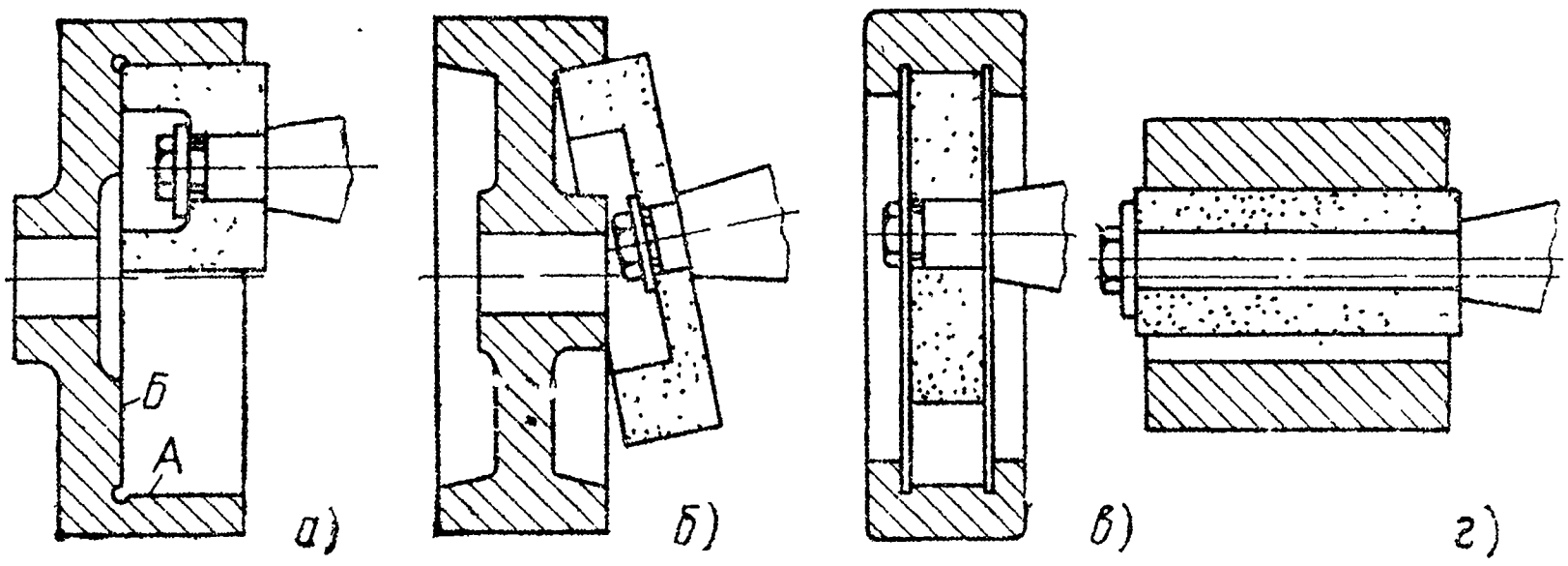
§ 2. СПОСОБЫ ВНУТРЕННЕГО ШЛИФОВАНИЯ

При шлифовании отверстия круг может касаться образующей, близко расположенной от шлифовщика или удаленной от него. Во втором случае удобнее наблюдать за работой, чем в первом, особенно при шлифовании внутренних конических поверхностей. Однако во втором случае охлаждающая жидкость очень расплескивается. Поэтому при работе на универсальных внутришлифовальных станках круг располагают у образующей, находящейся со стороны шлифовщика, и процесс шлифования ведут с автоматической поперечной подачей, как и при круглом наружном шлифовании. На практике применяются оба способа установки круга.

После установки круга проверяют правильность установки передней бабки станка. Если бабка расположена неправильно,

при шлифовании получается коническое отверстие. Его конусность можно обнаружить таким образом. Сначала надо шлифовать отверстие кругом, расположенным у образующей, наиболее удаленной от рабочего, а затем переместить его в противоположное положение и попробовать снять очень тонкую стружку. Если при перемещении круга вдоль оси отверстия искрение будет увеличиваться, это будет означать, что имеется конусность, вершина которой направлена в сторону бабки. И наоборот, если искрение, заметное вначале, при дальнейшем перемещении круга прекращается, конусность имеет обратное направление. При правильной установке бабки отверстие получится цилиндрическим, и искрение будет одинаковым на всей его длине.

Шлифование продольными проходами. При шлифовании продольными проходами круг не должен выходить из отверстия



Фиг. 63. Шлифование врезанием.

в обе стороны больше чем на половину его высоты. В противном случае отверстие у концов получится расширенным. Движения в станке при таком способе шлифования следующие: а) вращение шлифовального круга; б) подача детали; в) продольная подача круга; г) поперечная подача круга (глубина резания).

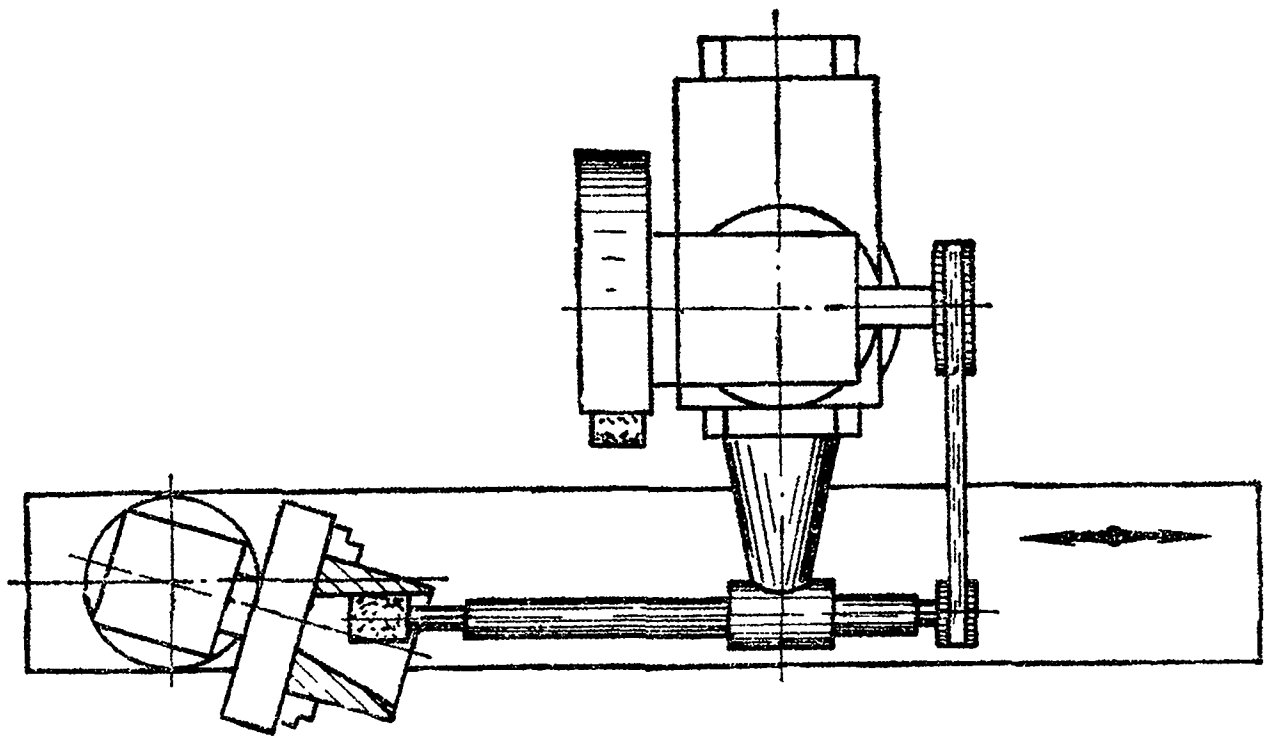
Шлифование врезанием. На фиг. 63 изображены четыре случая внутреннего шлифования по способу врезания. При шлифовании корпуса шарикоподшипника (фиг. 63, *а*) поверхности *А* и *Б* обрабатываются с одной установки при неподвижном столе станка. При шлифовании внутренних конических поверхностей (фиг. 63, *б*) шпиндель круга повертывается под углом, а стол станка остается неподвижным. На фиг. 63, *в* показана схема шлифования внутреннего цилиндрического желобка наружной обоймы роликового подшипника. Работа ведется при неподвижном столе станка или же при небольшом колебании его в направлении продольной подачи. Это движение создает лучшие

условия работы шлифовального круга. И, наконец, на фиг. 63, *г* изображена схема шлифования длинного отверстия.

§ 3. ШЛИФОВАНИЕ ВНУТРЕННИХ КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Шлифование конических отверстий производится теми же способами, что и шлифование наружных конических поверхностей. Шлифовальный станок должен иметь поворотную переднюю бабку, в патроне которой закрепляется деталь и от которой она получает свое вращение.

Шлифование внутренней конической поверхности с помощью приспособления для внутреннего шлифования на круглошлифовальном станке показано на фиг. 64. Передняя бабка поверты-



Фиг. 64. Шлифование внутренней конической поверхности.

вается на половину угла конуса детали. Столу сообщается возвратно-поступательное перемещение. Поперечная подача производится автоматически от бабки шлифовального круга. На специальных внутришлифовальных станках передняя бабка поворотная.

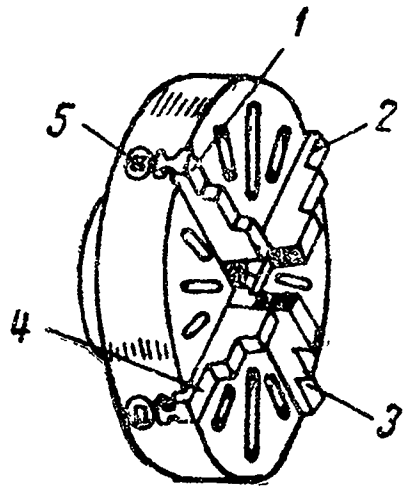
Установка передних бабок и столов по градусным делениям их шкал не обеспечивает высокой точности работы. Поэтому до окончания шлифования отверстий следует проверять правильность угла конуса измерительными инструментами, а в случае необходимости вносить изменения в настройку стола или передней бабки.

§ 4. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

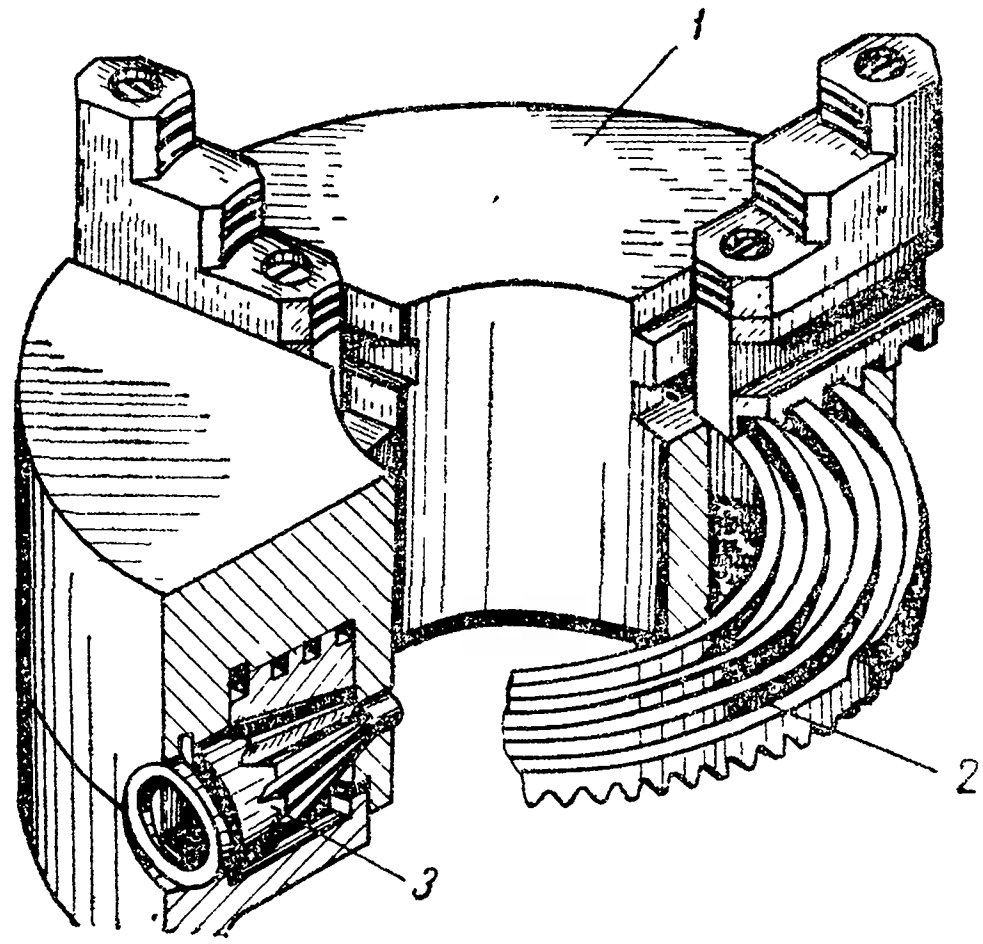
Главные требования, предъявляемые к зажимным приспособлениям для внутреннего шлифования, состоят в точности, прочности и быстроте крепления детали. В зажимных приспособлениях установку ведут по наиболее точно обработанной поверхности детали — *базе*.

Зажимные приспособления делятся на универсальные и специальные. Последние служат для зажима только определенных деталей. По способу зажима приспособления можно разделить на приспособления с ручным, пневматическим, гидравлическим и электрическим зажимами.

Четырехкулачковые патроны. Несимметричные и некруглые детали удобно закреплять в простом четырехкулачковом патроне (фиг. 65), где каждый кулачок *1*, *2*, *3* и *4* передвигается независимо от других посредством винтов *5*.



Фиг. 65. Простой четырехкулачковый патрон.

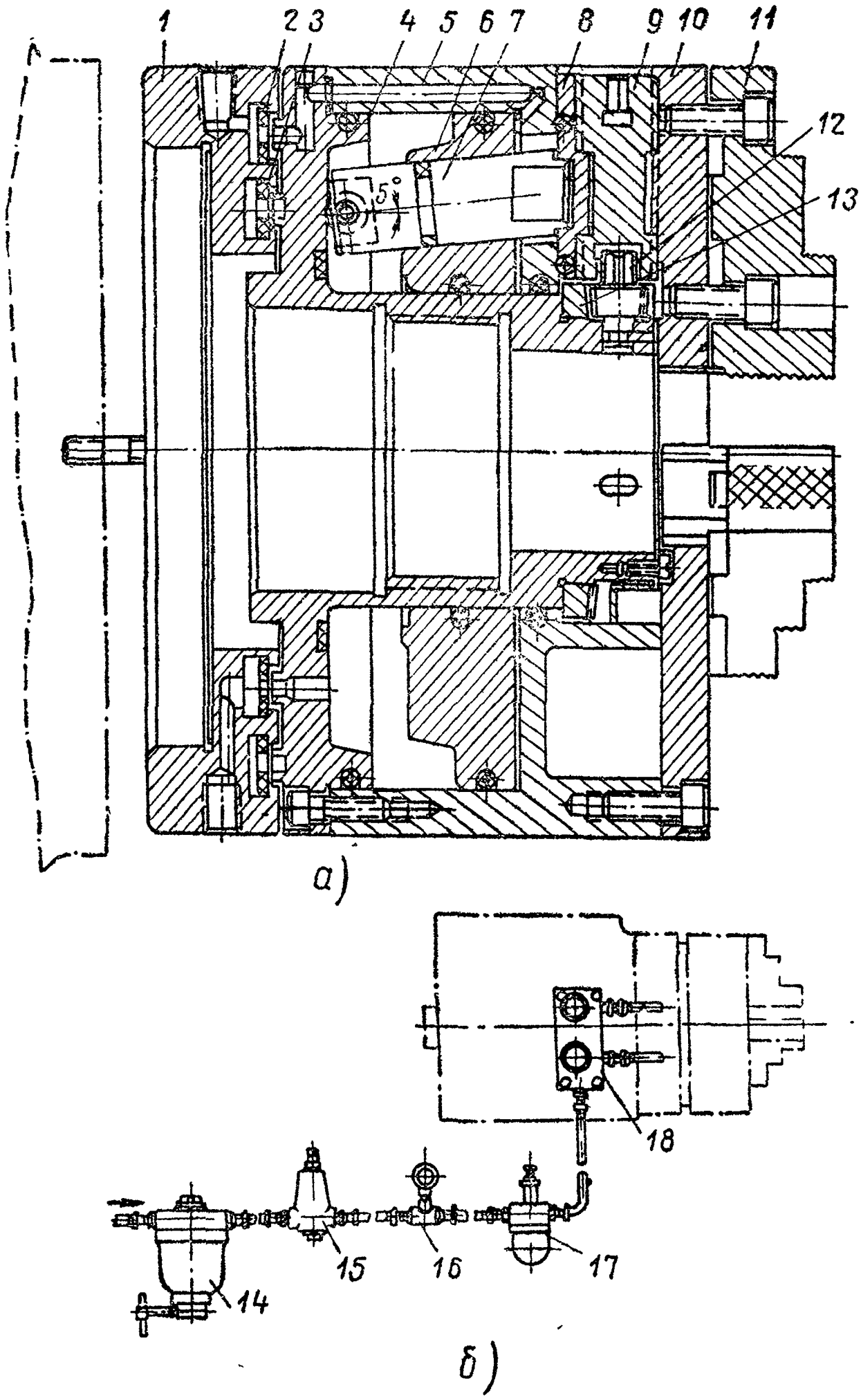


Фиг. 66. Самоцентрирующий трехкулачковый патрон.

Самоцентрирующие патроны. Патроны этого типа позволяют быстро закреплять деталь с концентричной цилиндрической наружной поверхностью вследствие того, что кулачки их передвигаются одновременно. Самоцентрирующие патроны бывают различных конструкций. На фиг. 66 показан трехкулачковый самоцентрирующий патрон. Внутри его имеется диск *2*, на одном из торцов которого нарезана спираль, а на другом — коническое зубчатое колесо. В корпусе *1* патрона установлены три зубчатых валика *3*, находящиеся в зацеплении с зубчатым колесом. Если повертывать торцовым ключом любой зубчатый валик, диск *2* будет вращаться. Так как спираль диска входит в зубья кулачков, то при его вращении все кулачки будут одновременно приближаться к центру или удаляться от него, зажимая или освобождая деталь, помещенную в кулачках.

Трехкулачковый пневматический патрон. К торцу бабки станка прикреплен кольцевой воздухоприемник *1* (фиг. 67, *а*), а на шпиндель ее установлен патрон. В двух кольцевых канавках воздухоприемника размещают уплотнительные кольца *2* и *3*

из маслостойкой резины для предохранения от утечек воздуха. Между этими кольцами и торцом стакана *4* после установки патрона оставляют зазор 0,5—1,0 *мм*. В резиновых кольцах



Фиг. 67. Трехкулачковый пневматический патрон

имеются отверстия, составляющие до 50% площади кольца. На шпинделе бабки закреплен вращающийся цилиндр *5*, в котором перемещается поршень *6*. Правый торец цилиндра снабжен ра-

диальными пазами, в которых установлены ползуны *8* с винтами *9* для перемещения кулачков *10* с губками *11*.

В патроне имеется большое коническое зубчатое колесо *13* и три маленьких колеса *12*. При вращении одного из винтов *9* одновременно перемещаются все кулачки. Закрепление детали осуществляется при подаче воздуха в левую полость цилиндра *5*, при этом поршень *6* перемещается вправо. Пальцы *7*, установленные под углом 5°, одним концом упираются в стакан *4* через ролики, а другим соединены с ползунами *8*. При перемещении поршня *6* ползуны *8* и кулачки *10* передвигаются к центру. Закрепив деталь, выпускают воздух из левой полости цилиндра в атмосферу. Раскрепление детали производится подачей воздуха в правую полость цилиндра *5*. Поршень и пальцы возвращаются в исходное положение, а кулачки отходят от детали.

На фиг. 67, *б* показана схема установки пневматической аппаратуры для привода в действие патрона: водоотделителя с фильтром *14*, регулятора давления *15*, тройника с манометром *16*, масленки *17*, кнопочного распределительного крана с золотниками *18*. Воздух поступает в цилиндр при нажатии верхней или нижней кнопки крана.

Кроме описанных патронов универсального типа, имеется большое количество специальных патронов.

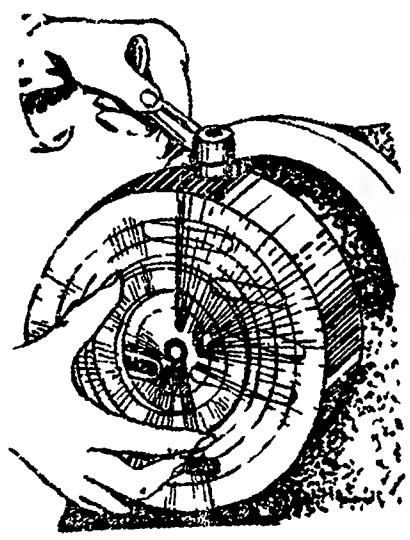
Магнитные патроны. Эти патроны используются для шлифования тонких дисков и колец. Магнитные патроны с постоянным магнитом не требуют специальных электрических устройств, они удобны и просты в эксплуатации (фиг. 68).

Мембранные патроны. Эти патроны обеспечивают высокую точность обработки детали. Принцип их действия основан на применении упругих свойств мембраны, изготовленной из пружинной стали и термически обработанной. На фиг. 69, *а* показана схема действия мембраны. Благодаря прилагаемому усилию *P* в осевом направлении происходит деформация мембраны и тем самым зажим или разжим кольца. Штрих-пунктирное изображение мембраны соответствует разжатию детали.

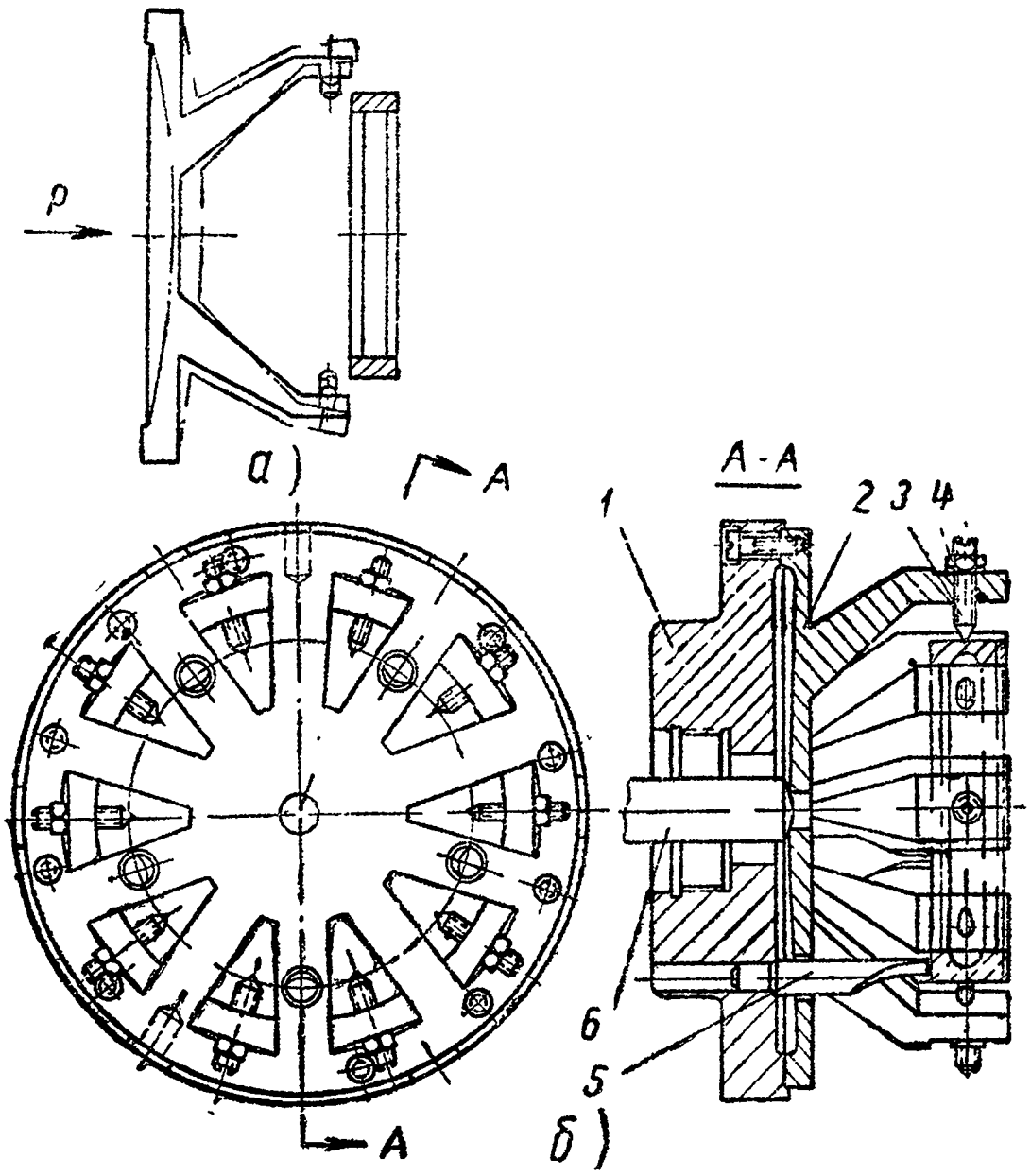
На фиг. 69, *б* показан мембранный патрон для зажима наружного кольца подшипника. Планшайба *1* навертывается на шпиндель передней бабки станка. Мембрана *2* центрируется по заточке планшайбы и закрепляется винтами. Она имеет форму диска, несущего 10—12 кулачков. На конце каждого кулачка имеется винт *3* с гайкой *4*. Установка на размер производится путем регулирования этих винтов. Большое количество зажимных винтов предупреждает деформацию шлифуемого кольца. На торце планшайбы устанавливают упоры *5* для базирования кольца по торцу. Для освобождения детали, зажатой

по наружному диаметру, служит толкатель *6*. Каждый патрон предназначен для определенного диаметра шлифуемых деталей.

Мембранные патроны для закрепления и центрирования по внутреннему диаметру работают по тому же принципу, что и патроны для зажима по наружному диаметру.



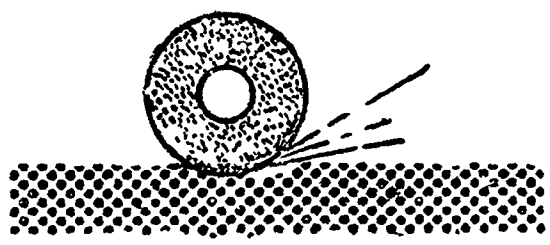
Фиг. 68. Установка обрабатываемой детали — кольца на магнитном патроне.



Фиг. 69. Мембранный патрон.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите особенности внутреннего шлифования.
2. Расскажите о способах внутреннего шлифования.
3. Расскажите о шлифовании внутренних конических поверхностей.
4. Какие приспособления применяют для закрепления деталей при внутреннем шлифовании?
5. Как устроен четырехкулачковый патрон?
6. Как устроен самоцентрирующий патрон?
7. Каковы особенности мембранных патронов?
8. Как выбирают диаметр шлифовального круга при внутреннем шлифовании?



ГЛАВА СЕДЬМАЯ

ШЛИФОВАНИЕ ПЛОСКОСТЕЙ

§ 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Плоское шлифование применяют для обработки плоскостей. Этот вид шлифования производителен и допускает обработку больших поверхностей.

Шлифование плоскостей может быть осуществлено двумя способами:

а) периферией круга;

б) торцом круга.

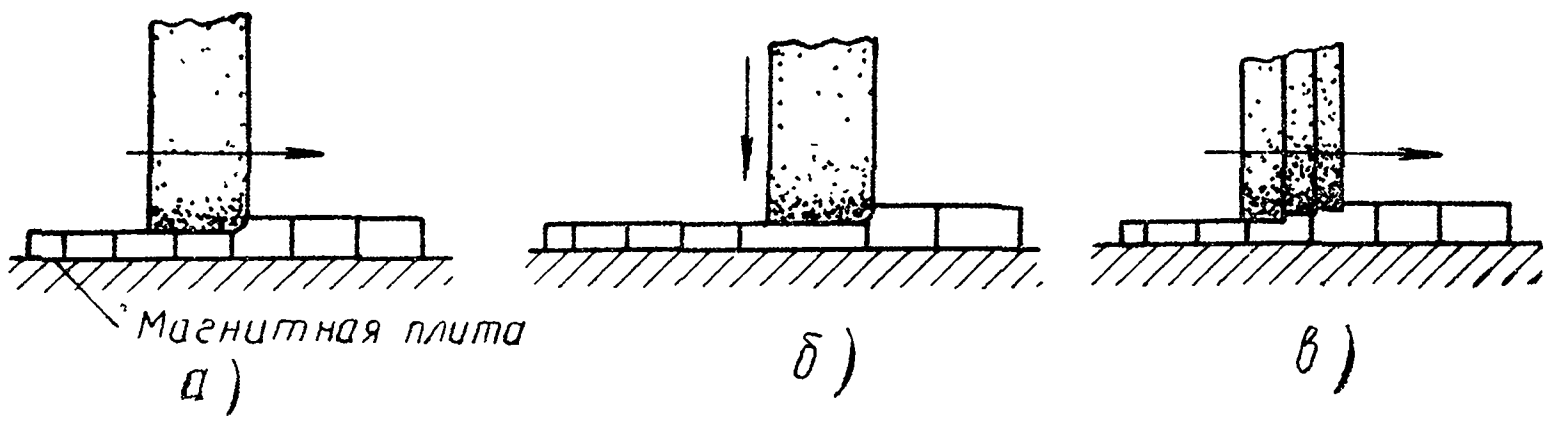
Плоское шлифование периферией круга. При шлифовании периферией круга (см. фиг. 2, *е*) обработку плоскости можно вести как с подачей детали, направленной навстречу вращению круга, так и с подачей противоположного направления. При этом стол должен совершать возвратно-поступательное движение подобно столу строгального станка. После каждого продольного хода стола перемещают круг или стол вдоль оси шпинделя на величину продольной подачи.

Для плоского шлифования периферией круга применяют преимущественно круги формы ПП, имеющие наружный диаметр от 175 до 450 *мм* и высоту от 16 до 40 *мм*. Твердость и зернистость круга выбирают в зависимости от обрабатываемого материала.

При работе на станках с прямоугольным столом припуск снимают следующими способами.

Обработка поперечными проходами (фиг. 70, *а*). Поперечная подача круга (детали) вдоль оси шпинделя осуществляется за каждый ход стола. Шлифовальный круг снимает слой металла, толщина которого равна глубине резания, а ширина — поперечной подаче круга за один ход стола. После прохода всей обрабатываемой поверхности круг снова перемещают на нужную глубину и на продольной подаче снимают следующий слой металла. Такие проходы повторяют до полного удаления припуска.

Шлифование установленным кругом (фиг. 70, *б*). При этом способе шлифовальный круг снимает наибольшую часть припуска за каждый ход стола. После каждого хода стола круг (стол) перемещается вдоль оси шпинделя на величину от $^3/_4$ до $^4/_5$ его высоты. Оставшийся для чистовых проходов припуск, равный 0,01—0,02 *мм*, снимается по первому способу. Шлифование установленным кругом выполняется при небольшой скорости продольного перемещения стола. Этот способ применяют преимущественно при работе на мощных шлифовальных станках.



Фиг. 70. Шлифование периферией круга на станках с прямоугольным столом:

а — способом поперечных проходов; *б* — установленным кругом; *в* — ступенчатым кругом.

При шлифовании ступенчатым кругом, или при глубинном способе шлифования (фиг. 70, *в*), круг заправляют ступеньками. Весь припуск распределяют между отдельными ступеньками и снимают за один проход. Последняя ступенька обычно снимает небольшой слой металла. Затем производят чистовое шлифование.

Обработка незакаленной стали требует наибольшего времени при шлифовании многократными проходами и наименьшего — при шлифовании ступенчатым кругом. Производительность при ступенчатом шлифовании зависит от правильности формы шлифовального круга. Править шлифовальный круг нужно инструментом, который позволяет получить сразу весь профиль (фасонными роликами или специальными дисками), иначе повышенный расход шлифовальных кругов и большие затраты времени на правку чрезмерно увеличат стоимость и время обработки.

На станках, работающих периферией круга, можно производить шлифование профильных поверхностей, точность работы получается высокой, обрабатываемые детали нагреваются незначительно. Последнее обстоятельство очень важно при обработке деталей, подверженных короблению.

Таблица 8

Средние скорости шлифовальных кругов при плоском шлифовании

Способ шлифования	Обрабатываемый материал	Средние скорости шлифовальных кругов в *м/сек*	
		при обдирочном шлифовании	при чистовом шлифовании
Шлифование периферией круга . . .	Чугун	20—22	22—30
	Сталь	22—25	25—35
Шлифование торцом круга	Чугун	15—18	18—25
	Сталь	18—20	20—30

Плоское шлифование торцом круга. Шлифование торцом круга (см. фиг. 2, *ж*) производительнее, так как позволяет шлифовать большую поверхность. Стол плоскошлифовального станка, предназначенный для такого шлифования, имеет возвратно-поступательное или вращательное движение. В последнем случае стол имеет круглую форму.

Торец шлифовального круга перекрывает всю ширину детали, установленной на столе станка, и поэтому все движения в процессе торцового шлифования сводятся к вращению круга, подаче детали и к поперечной подаче круга после каждого хода стола или после каждого его оборота.

Для улучшения условий удаления стружки и понижения температуры в зоне торцового шлифования необходимо:

а) применять обильное охлаждение;

б) стремиться к прерывистости зоны шлифования путем применения шлифовальных кругов, составленных из сегментов;

в) искусственно сокращать зону соприкосновения круга с деталью путем скашивания его торцовой поверхности или там, где это возможно, путем установки шлифовальной головки с небольшим наклоном;

г) применять более крупнозернистые и менее твердые шлифовальные круги.

При торцовом шлифовании, кроме сегментов, применяемых для шлифования больших плоскостей, очень часто применяют и кольцевые круги (форма 1К и 2К). Круги формы 1К диаметром до 200 *мм* устанавливаются в большинстве случаев на плоскошлифовальных станках с вертикальным шпинделем. Круги формы 2К диаметром 200—300 *мм* применяются для заточки сверл и реже для заточки резцов.

Для выбора твердости и зернистости шлифовального круга при торцовом шлифовании в зависимости от обрабатываемого

материала следует пользоваться данными, приведенными в справочной литературе.

Окружная скорость шлифовального круга при плоском шлифовании может быть выбрана по табл. 8.

Ориентировочный выбор глубины шлифования при черновой обработке можно производить, исходя из следующих данных:

Продольная подача (в долях высоты круга *H*)	0,25	0,35	0,50	0,75
Глубина шлифования в *мм* .	0,075—0,025	0,005—0,02	0,005—0,016	0,005—0,014

При черновом шлифовании подача детали изменяется от 5 до 40 *м/мин* в зависимости от продольной подачи круга и глубины шлифования.

§ 2. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ПЛОСКОГО ШЛИФОВАНИЯ

При шлифовании можно крепить детали непосредственно к столу станка прижимными планками. Однако такое крепление применяют в том случае, когда детали не могут быть закреплены на магнитной плите или в других приспособлениях.

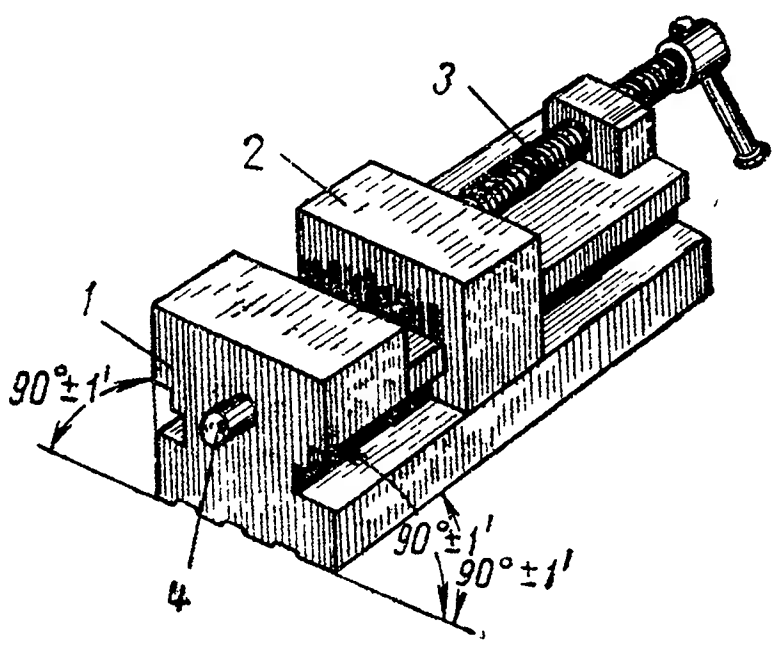
Лекальные тиски. Для закрепления шлифуемых деталей применяют тиски разных конструкций, одна из которых показана на фиг. 71. Эти тиски отличаются от обычных машинных точностью изготовления и возможностью кантования. Неподвижная губка тисков составляет одно целое с основанием *1*. В корпусе имеются пазы для прохода подвижной губки *2*, которая перемещается винтом *3*. Основание корпуса имеет отверстия с резьбой для закрепления тисков к различным приспособлениям. Запрессованный цилиндрический измерительный штифт *4* служит для измерения наклонных плоскостей.

Тиски изготовляют из стали, закаляют и точно шлифуют со всех сторон.

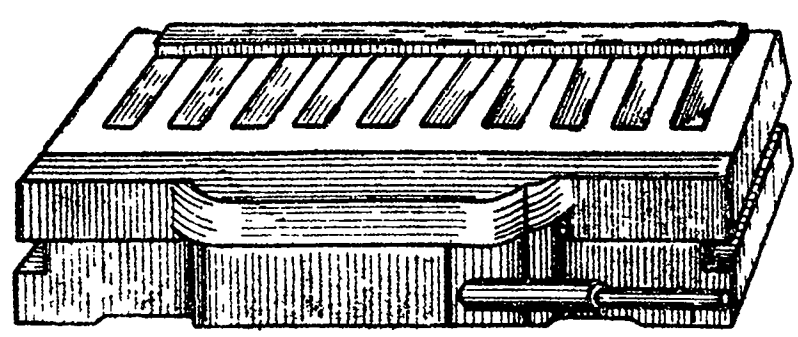
Электромагнитные плиты. Устройство электромагнитной плиты (фиг. 72) основано на следующем принципе. Если на железный сердечник (фиг. 73, *а*) навить проволоку и по ней пропустить постоянный ток, то сердечник намагнитится. Если теперь поднести к одному из концов сердечника стальной предмет, он с силой притянется к сердечнику. После прекращения действия тока в обмотке прекратится и магнитное действие сердечника. Можно согнуть такой сердечник в виде подковы (фиг. 73, *б*) и также пропускать ток через его обмотку. В этом слу-

чае магнит будет еще сильнее. Соединив подковообразные магниты в группу, получим электромагнитную плиту.

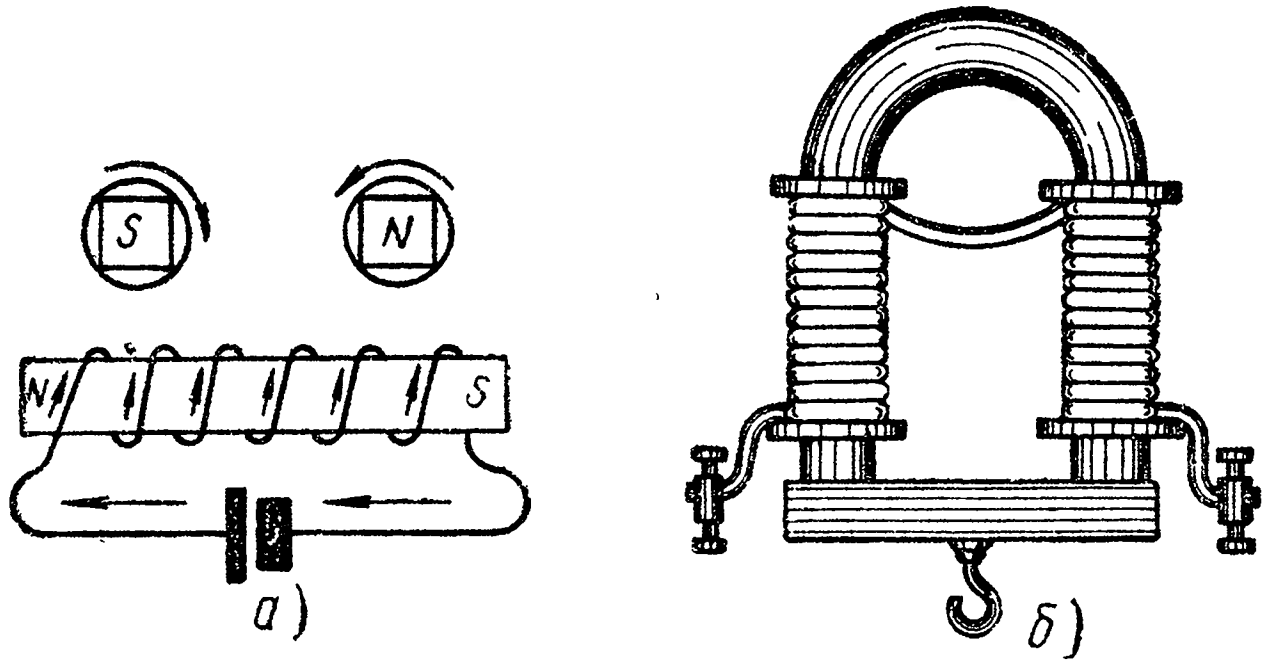
Полюсы магнитов, выведенные на верхнюю часть плиты, тщательно изолируются от ее тела немагнитными сплавами



Фиг. 71. Лекальные тиски.



Фиг. 72. Электромагнитная плита.

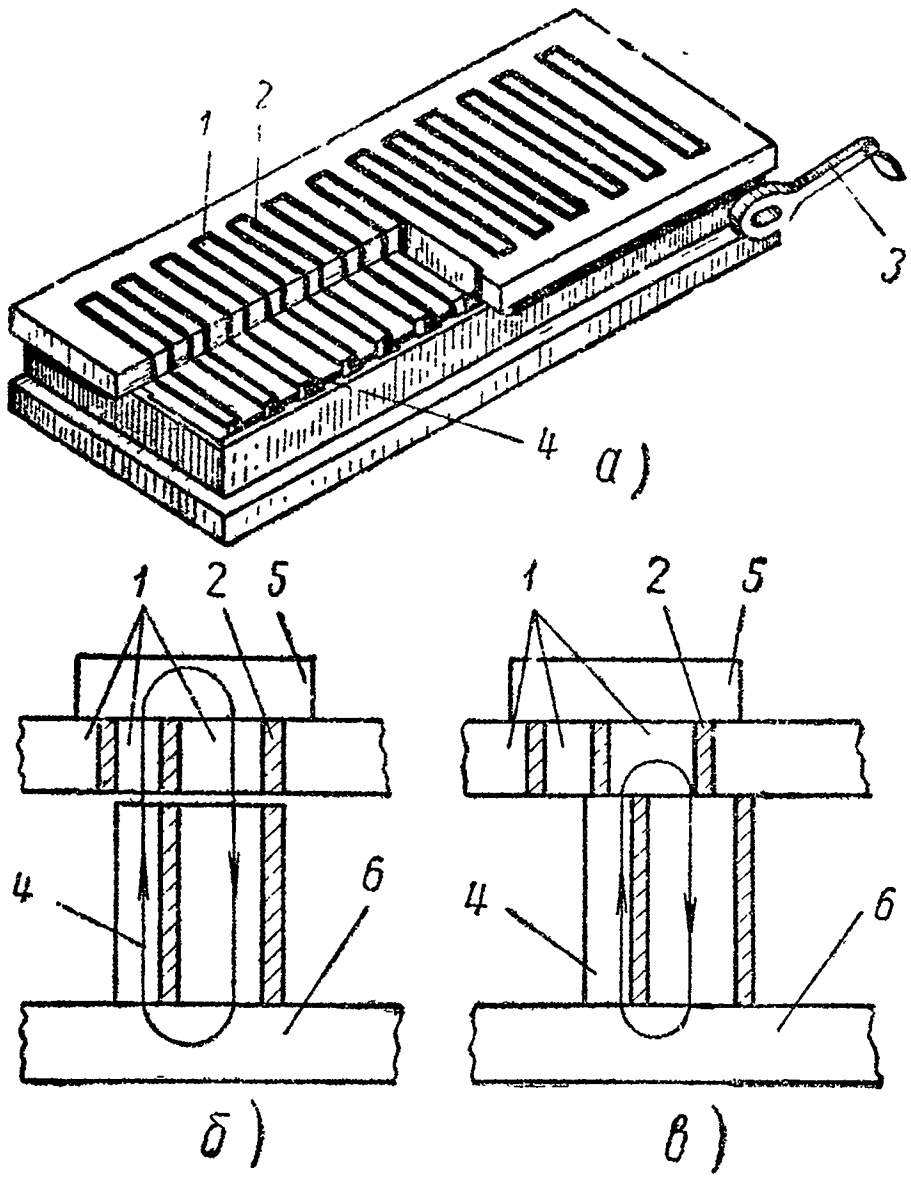


Фиг. 73. Схема магнитного действия тока (*а*); подковообразный магнит (*б*).

(баббитом, цинком), благодаря чему магнитные силы не рассеиваются в теле плиты, а направляются непосредственно в тело детали. К электромагнитной плите могут притягиваться только магнитные металлы, т. е. такие, как сталь, железо и чугун.

Электромагнитные плиты применяют различных размеров круглой и прямоугольной формы. Для питания их пригоден только постоянный ток, поэтому у станков устанавливаются приборы, преобразующие переменный ток в постоянный (генераторы).

Электромагнитные плиты обеспечивают надежное и быстрое закрепление шлифуемых деталей. Для сохранения работоспособности плиты необходимо оберегать ее от толчков и ударов, а также следить за тем, чтобы на обмотки не попадала охлаждающая жидкость. По окончании работы следует сразу же насухо протереть рабочую поверхность плиты, чтобы удалить с нее остывшую охлаждающую жидкость.



Фиг. 74. Магнитная плита:
а — общий вид; *б* — положение магнитов при закреплении детали; *в* — то же при установке и снятии детали.

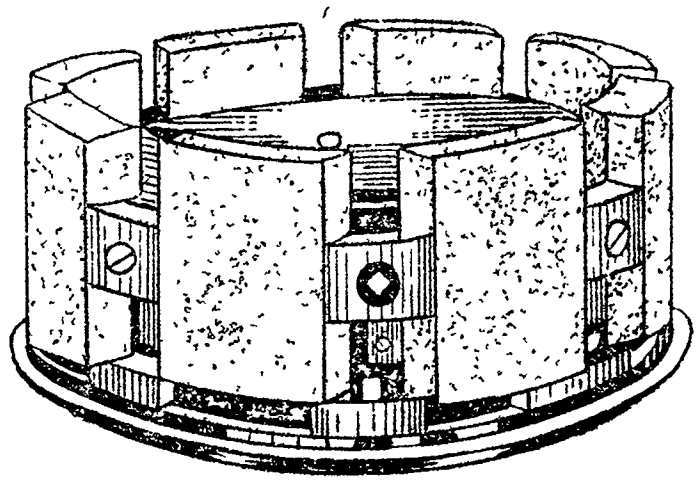
Магнитная плита. Кроме электромагнитных плит, на шлифовальных станках применяют магнитные плиты с постоянными магнитами. Для плит этого типа не требуется специальных генераторов и выпрямителей с проводкой и распределительными устройствами. Однако, как правило, сила их притяжения слабее силы притяжения электромагнитных плит.

Конструкция прямоугольной магнитной плиты и принцип ее работы показаны на фиг. 74, *а*. Верхняя ее часть сделана из стальных пластин *1* с немагнитными прослойками *2* между ними. Сильные постоянные магниты *4* можно перемещать, замыкая их то на железные пластинки, то на закрепляемую деталь. На фиг. 74, *б* показано положение магнитов при закреплении деталей *5*, а на фиг. 74, *в* — во время их снятия или установки. Переключение магнитов производится при помощи рукоятки *3*. Нижняя часть плиты *6* закрепляется на столе станка.

§ 3. СЕГМЕНТНЫЕ ШЛИФОВАЛЬНЫЕ КРУГИ

Плоское шлифование цельными шлифовальными кругами большого диаметра экономически невыгодно из-за больших отходов, повышенного теплообразования и возможности поломки

их при транспортировке. Кроме того, в случае появления трещины или частичного разрушения круга приходится целиком заменять его и терять значительное количество совершенно годного абразивного материала. Эти неудобства устраняются в случае применения кругов из вставных абразивных сегментов. Такие сегменты при поломке одного или нескольких из них могут быть легко заменены новыми.



Фиг. 75. Сегментная шлифовальная головка.

Вставные сегменты используются почти до полного износа. На фиг. 75 показана конструкция сегментов, закрепленных четырьмя зажимами, расположенными через одну неподвижную опору. Освободив один зажим, можно вынуть сразу два сегмента. По мере износа высота сегментов уменьшается, поэтому под них подкладывают прокладки.

§ 4. ИЗМЕРЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ПЛОСКОМ ШЛИФОВАНИИ

Для контроля размеров деталей и правильности их формы при плоском шлифовании применяют различные инструменты. Измерение размеров производят главным образом микрометрами, скобами и миниметрами.

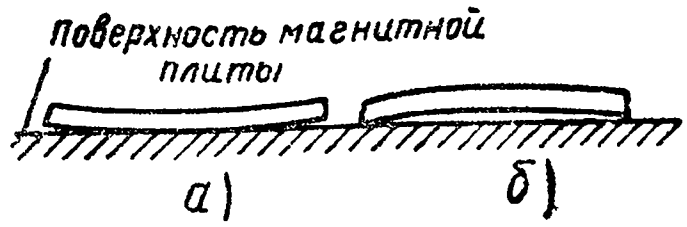
Плоскостность проверяют острым ребром лекальной линейки, накладываемой на контролируемую плоскость, и наблюдают за величиной просвета между ними. Величина просвета измеряется щупом. Параллельность между внешними плоскостями проверяется микрометром или другими измерительными инструментами. Параллельность внутренних стенок измеряется в зависимости от заданной точности: шаблоном, концевыми мерами длины и оптиметром.

Перпендикулярность плоскостей, образующих внутренние и внешние прямые углы, контролируется угольниками. Измерение любого углового профиля в зависимости от точности производится угловыми мерами (точность 1′), угломерами (точность 2′), универсальными и оптическими угломерами (точность 5′) и, наконец, шаблонами.

§ 5. ОБРАБОТКА ТОНКИХ ДЕТАЛЕЙ

Шлифование тонких деталей на магнитном столе плоскошлифовального станка требует предварительной подготовки

их плоскостей. Вогнутость или выпуклость плоскости у таких деталей, образовавшаяся после строгания или фрезерования, не может быть устранена при обычной установке их на магнитной плите. Магниты, притягивая деталь, выпрямляют ее; после снятия со стола деталь вновь принимает первоначальную форму.



Фиг. 76. Установка тонких пластин на магнитном столе:
а — выпуклостью вниз; *б* — выпуклостью вверх.

Особенно подвержены короблению листовые детали. Направление их изгиба всегда одинаково, причем вогнутость образуется со стороны шлифовального круга. Лучший способ предупредить коробление — это снятие одинаковых слоев металла с обеих сторон пластинки. Пластинка становится прямой или незначительно изогнутой.

Для соблюдения параллельности плоскостей у таких деталей шлифование необходимо вести следующим образом. Деталь укладывают выпуклостью вверх и шлифуют до получения прямолинейности, затем повертывают обработанной плоскостью вниз и от нее выдерживают размер. Так как первая поверхность получит также небольшую выпуклость, приходится делать несколько проходов и несколько раз перевертывать деталь, как это показано на фиг. 76.

§ 6. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ БРАКА ПРИ ПЛОСКОМ ШЛИФОВАНИИ

При употреблении непроверенного измерительного инструмента, при измерении нагретой детали, а также из-за небрежности рабочего заданный размер детали искажается.

При неправильном выборе шлифовального круга, недостаточном охлаждении, слишком большой поверхности соприкосновения круга с деталью и интенсивном режиме шлифования могут возникнуть прижоги. Чтобы устранить прижоги, применяют шлифовальный круг пониженной твердости, увеличивают интенсивность охлаждения, уменьшают поверхность соприкосновения шлифовального круга с деталью (при торцовом шлифовании переходят на работу с меньшим количеством сегментов в головке), а иногда вынуждены снижать режимы шлифования.

Поверхностные трещины появляются в результате недостаточного охлаждения или повышенных режимов шлифования. Этот дефект устраняют обильной и беспрерывной подачей охлаждающей жидкости и правильным выбором режимов шлифования.

Один из наиболее распространенных видов брака — это

плохое качество обработанной поверхности: наличие следов предварительной обработки, грубых штрихов, рисок, выхватов, завалов поверхности и следов дробления.

Следы предварительной обработки остаются при недостаточной величине припуска на шлифование, при неправильном его распределении шлифовщиком, а также из-за наличия грязи между деталью и магнитной плитой. Для предупреждения этих дефектов следует оставлять надлежащие припуски под шлифование; шлифование плоскости детали нужно вести только до удаления следов предыдущей обработки.

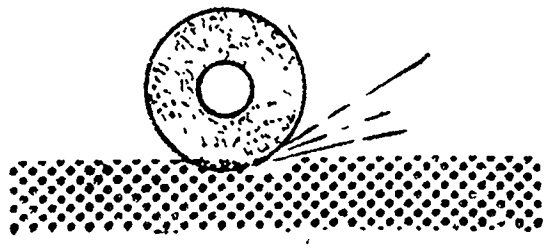
Наличие грубых штрихов на обработанной поверхности и рисок свидетельствует о неправильном выборе зернистости круга, загрязненности охлаждающей жидкости, о применении больших подач и о грубой правке шлифовального круга. Необходимо менять круг, регулярно менять охлаждающую жидкость, зачистные проходы производить с меньшими подачами.

Дробленая поверхность получается вследствие неуравновешенности круга, малой жесткости и повышенных зазоров в механизмах станка, грубой сшивки ремня, неплавного движения стола, плохого крепления детали и неправильного выбора шлифовального круга.

Непараллельность есть результат забоин и грязи на поверхности магнитной плиты и детали, износа направляющих стола или бабки шлифовального круга, неправильной установки приспособления и деталей, а также неточности самих приспособлений. На образование вогнутости и выпуклости, кроме указанных причин, влияет и неисправность магнитной плиты, если не все ее полюсы работают и крепят детали. Нарушение правильности углового расположения поверхностей происходит в результате неточности приспособления или из-за невнимательности шлифовщика при установке детали в приспособлении.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите способы шлифования плоскостей.
2. Перечислите известные Вам приспособления, применяемые при шлифовании плоскостей.
3. Какие преимущества имеют шлифовальные круги со вставными сегментами?
4. Какие измерительные инструменты применяют при плоском шлифовании?
5. Перечислите виды брака при плоском шлифовании и расскажите о мерах предупреждения его.

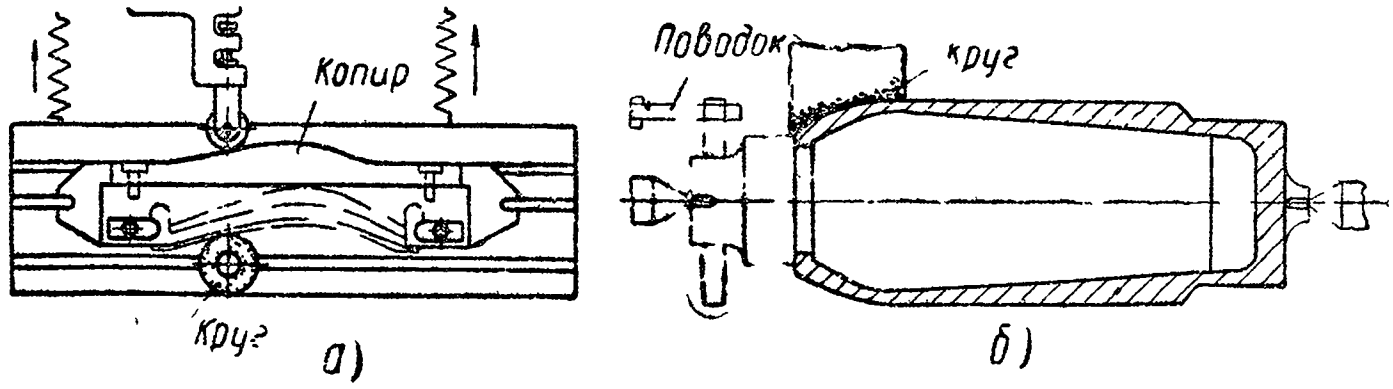


ГЛАВА ВОСЬМАЯ

ШЛИФОВАНИЕ ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

§ 1. СУЩНОСТЬ ФАСОННОГО ШЛИФОВАНИЯ

До сих пор мы рассматривали шлифование деталей, имеющих цилиндрическую или плоскую форму. Кроме них, в машиностроении широко применяют детали других форм. Поверхности деталей машин, отличные от цилиндрических или плоских, называют фасонными. К ним относятся: профили зубчатых колес,



Фиг. 77. Способы фасонного шлифования:
а — при помощи копира; *б* — профилированным кругом.

многошлицевые валики, профили режущих инструментов для изготовления зубчатых колес и шлицевых валиков, поверхности резьбовых соединений и многие другие.

Фасонные поверхности можно шлифовать двумя способами:

а) обработка обычными, не фасонными шлифовальными кругами, образующими заданную форму поверхности с помощью копиров и приспособлений в результате сложных движений механизмов станка;

б) обработка специальными шлифовальными кругами, имеющими сложный профиль, при помощи простых движений механизмов станка.

Схема шлифования вогнутой фасонной поверхности при помощи копира, закрепленного на верхней части стола и передвигающего деталь в поперечном направлении во время продольного хода стола, изображена на фиг. 77, *а*.

На фиг. 77, *б* показано шлифование фасонной поверхности на круглошлифовальном станке методом врезания фасонным, или, как говорят, профилированным, кругом. На практике чаще всего применяют этот способ шлифования. Точность обработанных поверхностей зависит прежде всего от точности профилирования (правки) шлифовального круга. Образующая фасонной поверхности может быть разделена на простые элементы, т. е. на прямые линии и на дуги окружностей. Поэтому рассмотрим простейшие случаи профилирования шлифовальных кругов под углом и по дуге окружности.

Оба случая профилирования применяются самостоятельно, когда необходимо заправить круг по прямой или по дуге. Профилирование круга по прямой и по дуге одновременно, т. е. получение сложного профиля, не всегда производительно, поэтому в массовом и серийном производстве оно выполняется чаще всего по копиру, который в точности воспроизводит на поверхности круга профиль обрабатываемой поверхности.

Процесс фасонного шлифования имеет свои особенности Шлифовальный круг, подвергаясь непрерывному и неравномерному износу, быстро изменяет свою форму, что влечет за собой изменение размеров и формы обрабатываемой поверхности. Шлифовальный круг приходится очень часто править, поэтому вопрос о фасонном шлифовании связан с вопросом о правке круга.

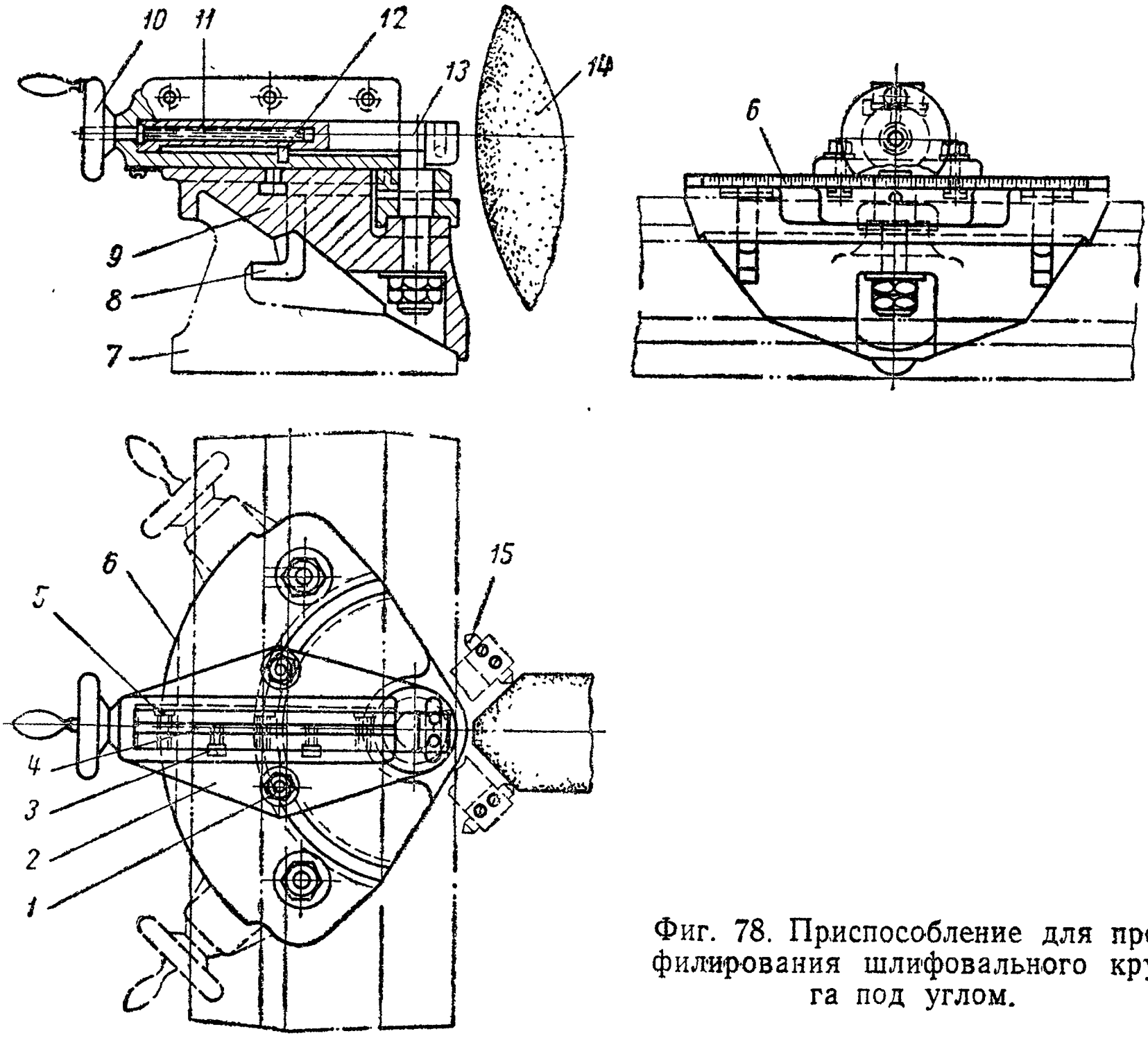
Вследствие большой длины соприкосновения шлифовального круга с обрабатываемой поверхностью при фасонном шлифовании возникают значительно большие усилия, чем при круглом наружном шлифовании цилиндрических или конических поверхностей. Это требует применения более массивных и мощных станков. По этой же причине фасонное шлифование сопровождается большим выделением тепла и более высокой температурой нагрева круга и детали.

§ 2. ПРОФИЛИРОВАНИЕ ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

Профилирование шлифовального круга под углом. Приспособление для профилирования периферии шлифовального круга под различными углами до 45° изображено на фиг. 78. Правка каждой стороны круга *14* производится при помощи отдельного алмаза *15*. Основание *9* приспособления закрепляют на столе *7* шлифовального станка двумя болтами *8*. На основании помещена плита *2*, которая может повертываться вокруг оси на угол, соответствующий заданному углу профилирования, отсчитываемому по шкале *6*. Плита *2*, закрепляемая в нужном положении

болтами *1*, снабжена алмазодержателями *13*. Головки болтов *1* находятся в кольцевых Т-образных пазах основания *9*.

Стенка отверстия для алмазодержателей разрезана, что дает возможность компенсировать износ его тремя натяжными винтами *5* и упорными винтами *3*. В паз *4* вкладывается войлочная прокладка, предохраняющая отверстие от грязи и абра-



Фиг. 78. Приспособление для профилирования шлифовального круга под углом.

зивной пыли. Подача алмазодержателя к шлифовальному кругу производится винтом *11*, вращаемым маховичком *10*. Алмазодержатель направляется в отверстии шпонкой *12*.

Профилирование шлифовального круга по дуге. Профилирование круга по дуге окружности производится при помощи приспособлений разной конструкции. Одно из них показано на фиг. 79. Основание *1* приспособления устанавливают на столе шлифовального станка. Для заправки шлифовального круга по заданному радиусу алмаз *5*, помещенный в алмазодержатель *10*, нужно подвести к контрольному валику *4* и закрепить алмазо-

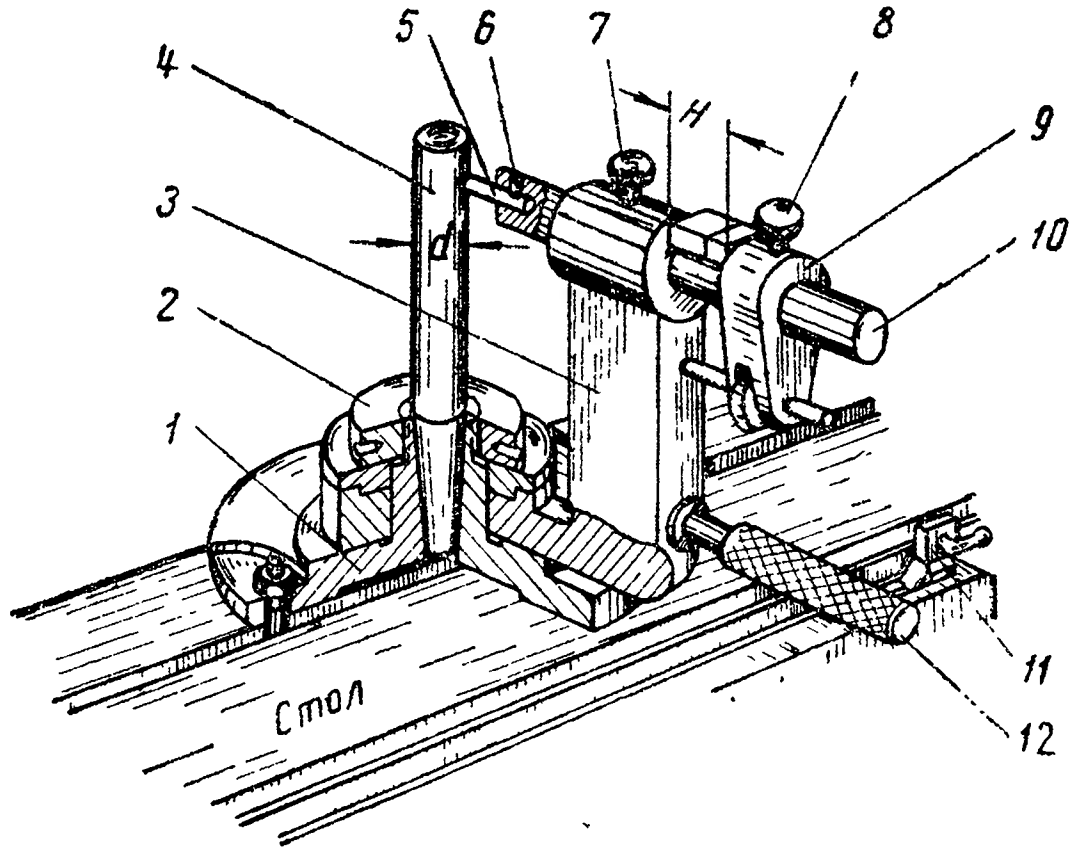
держатель в этом положении винтом *7*. Затем подбирают блок концевых мер длины, размер *H* которого определяют по формуле

$$H=\frac{d}{2}\pm R,$$

где *d* — диаметр контрольного валика;

R — радиус профилируемой поверхности.

Знак плюс ставится тогда, когда шлифуемая деталь имеет выпуклость, следовательно, шлифовальный круг должен иметь вогнутость. Наоборот, знак минус принимается при вогнутости детали; в этом случае круг будет заправляться выпуклым.



Фиг. 79. Приспособление для профилирования шлифовального круга по дуге окружности.

Блок устанавливают между упорным кольцом *9* и опорной плоскостью стойки *3*. Кольцо укрепляют, винт *7* ослабляют и алмазодержатель *10* отводят назад для удаления блока концевых мер и контрольного валика *4*. Затем алмазодержатель передвигают до соприкосновения торцов кольца *9* с опорной плоскостью стойки *3* и закрепляют винтом *7*.

Подготовленное таким образом приспособление подводят к наружной поверхности шлифовального круга и, поставив алмаз перпендикулярно его образующей, гайкой *2* закрепляют стойку *3*. Передвигая стол вдоль поверхности круга, правят его по цилиндру до получения ровной поверхности. Затем, заметив положение шлифовального круга по ноиусу поперечной подачи и приняв его за нулевую установку в поперечном направлении, передвигают стол так, чтобы острие алмаза оказалось на сере-

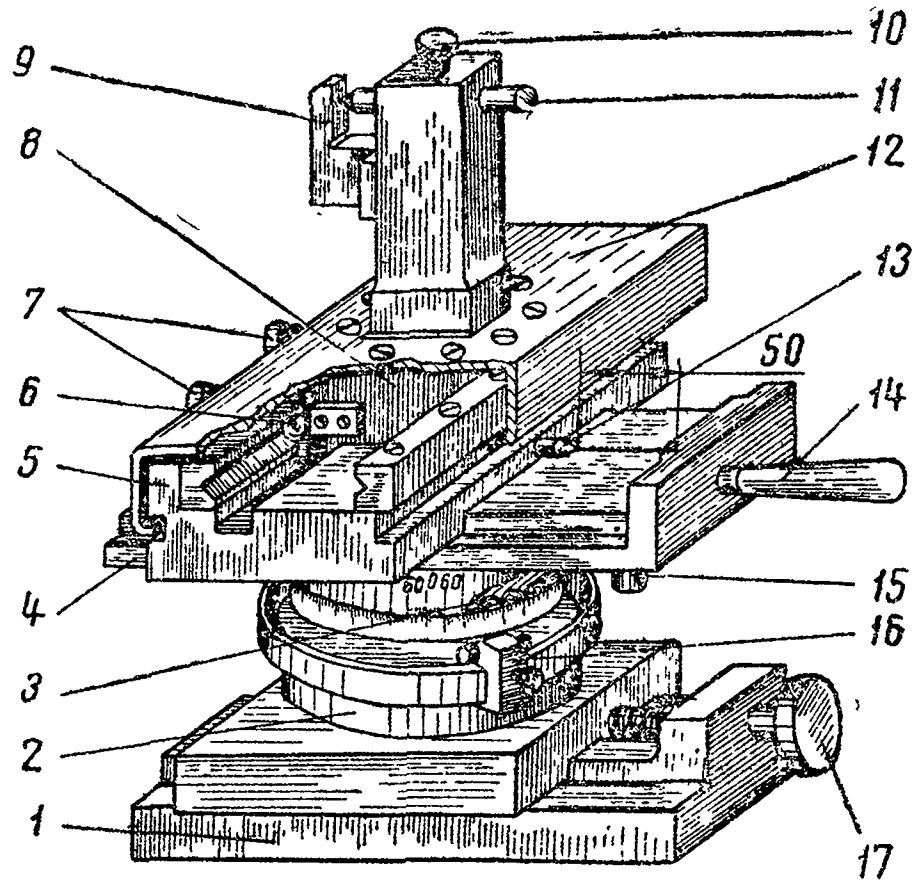
дине круга. В этом положении стол фиксируют упором *11*. Для заправки дуги ослабляют гайку *2* так, чтобы стойка *3* свободно вращалась. Поворачивая стойку с алмазом за ручку *12* и сообщая алмазу поперечную подачу, производят профилирование шлифовального круга.

Комбинированное профилирование шлифовального круга. При наличии универсального приспособления можно профилировать шлифовальный круг по прямым линиям и по дугам окружности. На фиг. 80 показано универсальное профилирующее приспособление на основании *1*. По основанию может перемещаться суппорт *2* с помощью винта *17*. В круговых направляющих верхней части этого суппорта на шариках *3* вокруг вертикальной оси вращается суппорт *4*. С помощью суппорта *4* и рукоятки *14* сообщается круговое вращение алмазу. Салазки *5* устанавливаются по блокам концевых мер, размещенных между упором *13* и стенкой суппорта *4*. Стойка *8* алмазодержателя *11* с предохранительным щитком *12* перемещается по шарикам *6*, находящимся в направляющих салазок *5*. Штифтами *7* стойка закрепляется в нужном положении. Алмазодержатель *11* устанавливают в нулевое положение до упора в плоскость калибра *9* и закрепляют винтом *10*. Упором *15* и ограничителем *16* ограничивается дуга поворота алмазодержателя.

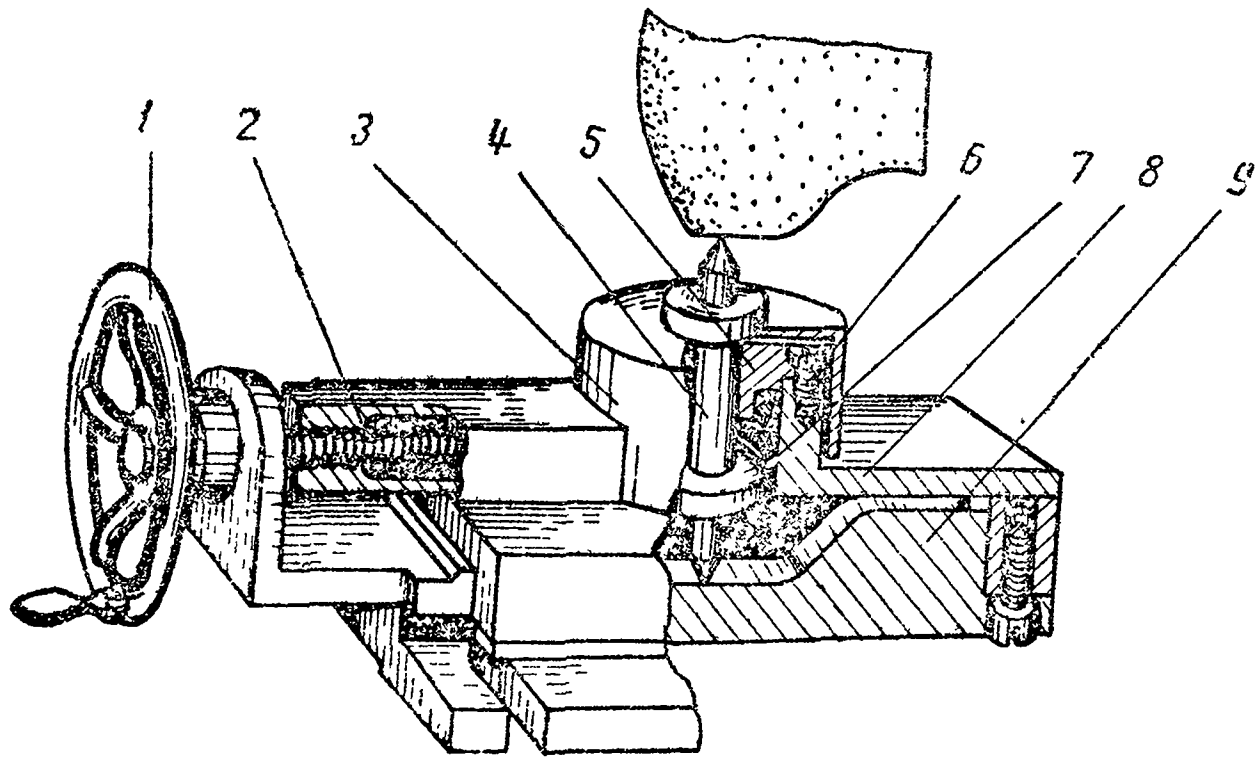
Профилирование сложного профиля. В случае, когда форма обрабатываемой поверхности сложна, прибегают к профилированию круга при помощи копира. Приспособление, показанное на фиг. 81, предназначено для профилирования фасонных шлифовальных кругов на плоскошлифовальном станке. В нижней части его корпуса имеется вырез для установки копира *9*, изготовленного из закаленной стали и имеющего профиль, соответствующий профилю обработанной поверхности.

Верхняя часть приспособления *8* перемещается по направляющим корпуса с помощью винта *2*, связанного с маховичком *1*. Алмазодержатель *4* свободно скользит вверх и вниз в подшипнике *5* и в то же время удерживается от вращения вокруг своей оси шпонкой (на фиг. 81 не показана). Нижний конец алмазодержателя заострен и прижимается к рабочей поверхности копира *9* пружиной *7*, расположенной между торцовыми поверхностями подшипника *5* и алмазодержателя *4*. Крышка *3* защищает нижнюю часть алмазодержателя и подшипника от абразивной пыли. При перемещении вдоль копира алмаз будет двигаться вверх и вниз, придавая кругу требуемую форму.

Механизмы приспособления защищены от абразивной пыли уплотнителями *6*. Приспособление закрепляется на столе шли-



Фиг. 80. Универсальное профилировочное приспособление.



Фиг. 81. Приспособление для профилирования по копиру.

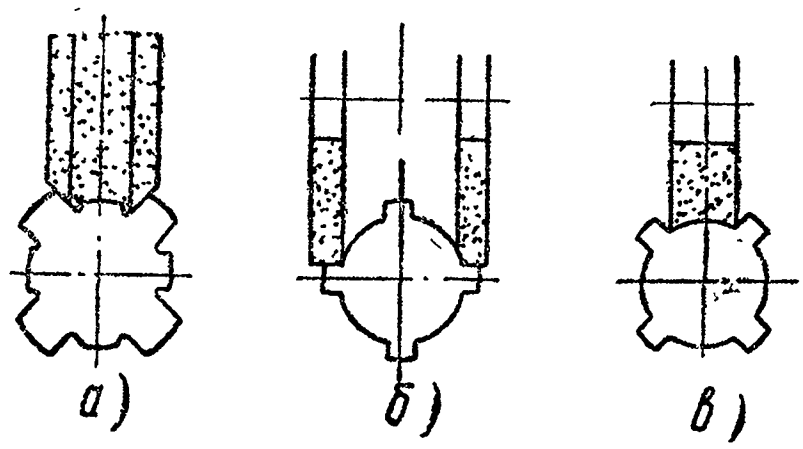
фовального станка так, чтобы острие алмаза и ось вращения круга находились в одной вертикальной плоскости.

Безалмазное профилирование шлифовального круга. При безалмазном профилировании шлифовальных кругов правку ведут стальным роликом, профиль которого точно соответствует *профилю обработанной поверхности*. Такое профилирование дает возможность относительно легко достигнуть желаемой точности и избежать многочисленных переходов, к которым приходится прибегать при правке алмазными приспособлениями. Преимуществом безалмазной правки шлифовальных кругов является и то, что профилирование производится не дорогим алмазом, а более дешевым стальным роликом.

§ 3. ШЛИФОВАНИЕ ШЛИЦЕВ

В машиностроении широкое применение получили многошпоночные валы, у которых шпонки выполняются как одно целое с валом. Такие шпонки называют шлицами, а валы — шлицевыми.

По наружному диаметру шлицевые валы шлифуются на обычных круглошлифовальных станках. Для получения высокой точности по ширине шлицев, а также по внутреннему диаметру валов прибегают к их шлифованию на специальных шлифовальных станках. Наиболее производительно шлифование шлицевых валиков фасонным кругом (фиг. 82, *а*), профилированным с помощью приспособления. Другой способ шлифования состоит в том, что обработка шлицев ведется в две операции (фиг. 82, *б* и *в*). После каждого хода стола шлифуемый валик повертывают на следующий шлиц и т. д. Если бы шлицы шлифовались окончательно без поворота валика, то износ круга сказывался бы на точности выполнения работы. Окончив первую операцию (фиг. 82, *б*), станок перестраивают на следующую. При таком раздельном шлифовании поверхностей, образующих профиль шлицевого валика, его приходится дважды устанавливать на станок или обрабатывать на двух станках, что ведет к уменьшению точности и к снижению производительности.



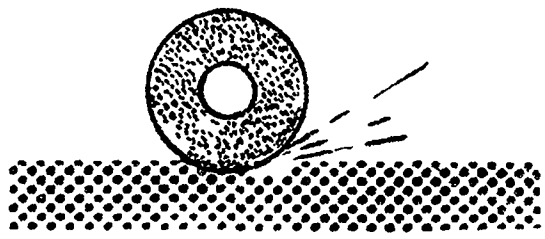
Фиг. 82. Схема шлифования шлицевых валов.

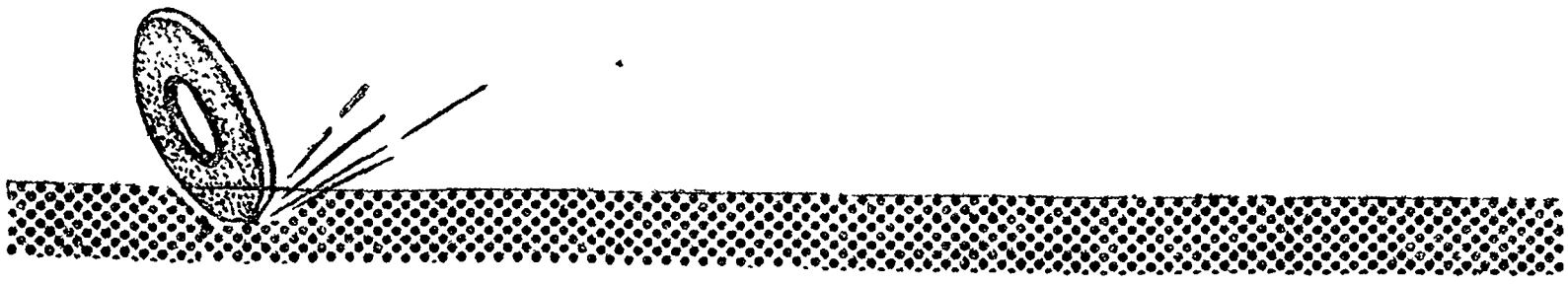
Из всех известных способов шлифования шлицевых валиков наилучшие результаты как по точности, так и по производительности дает шлифование профилированным кругом (фиг. 82, *а*).

При центрировании шлицевого соединения по наружному диаметру валик обязательно следует шлифовать по этому диаметру. Если же требуется более высокое качество соединения, то шлифуют и боковые стороны шлицев. По внутреннему диаметру валик не шлифуют. Валики соединений, центрирующихся по внутреннему диаметру, должны шлифоваться как по боковым сторонам шлицев, так и по внутреннему диаметру. Так же шлифуют отверстие в зубчатом колесе или в какой-либо другой сопрягаемой детали.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Расскажите о сущности фасонного шлифования.
2. Как выполняется профилирование шлифовального круга под углом, по дуге окружности?
3. В чем особенность комбинированного профилирования шлифовального круга?
4. Что такое безалмазное профилирование шлифовального круга?
5. Расскажите, как шлифуют шлицы.



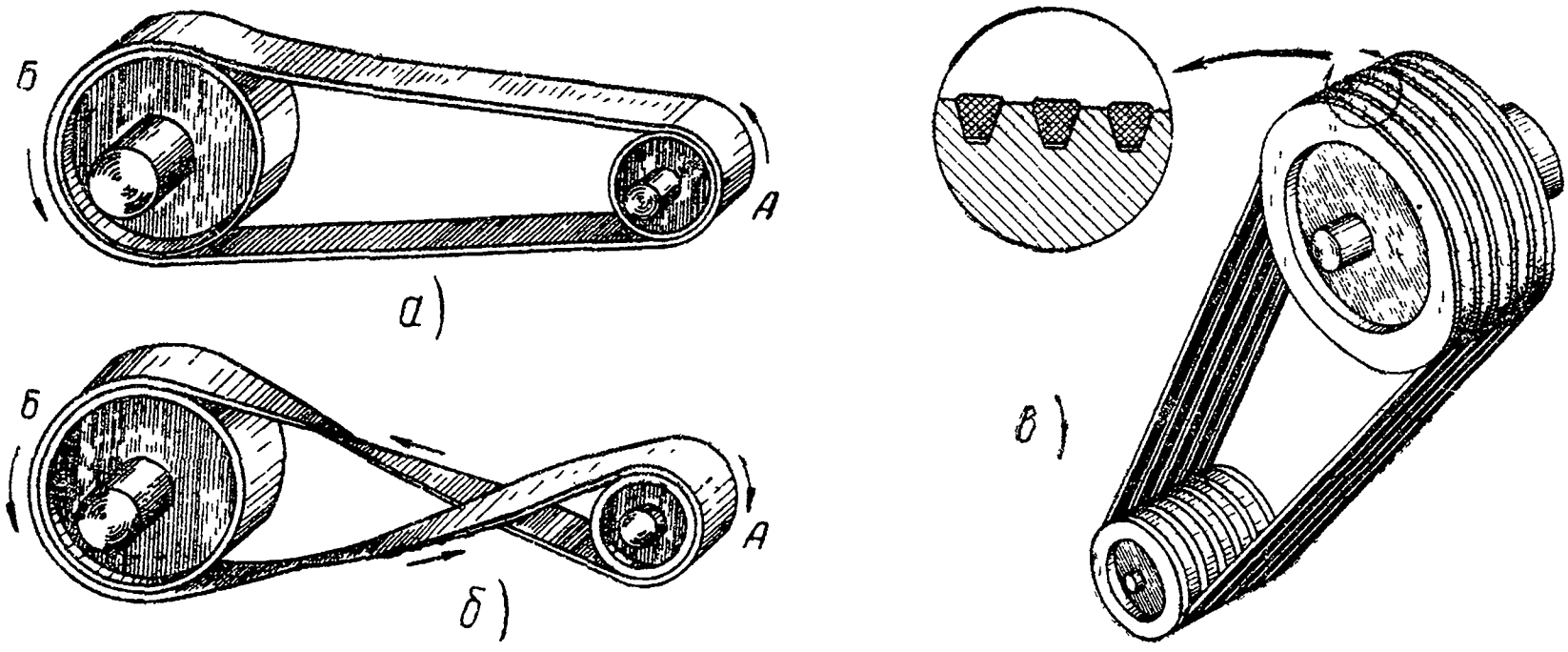


ГЛАВА ДЕВЯТАЯ

ТИПОВЫЕ ДЕТАЛИ И УЗЛЫ ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

§ 1. ДЕТАЛИ МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ

Шлифовальные станки состоят из типовых механизмов. Чтобы разобраться в устройстве станка, необходимо изучить отдельные его механизмы. Одним из типовых механизмов являются приводы. Приводы шлифовальных станков состоят из механических, гидравлических и электрических передач.



Фиг. 83. Ременная передача:
а — прямая; *б* — перекрестная; *в* — клиновидным ремнем.

К наиболее распространенным механическим передачам относятся ременная, зубчатая, червячная, реечная и винтовая.

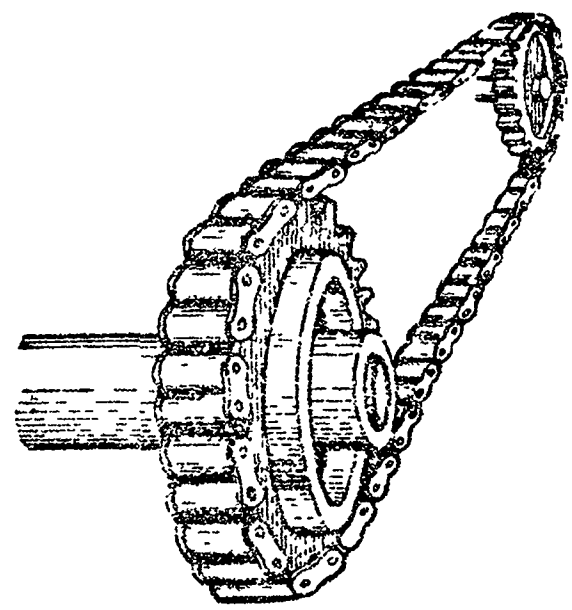
Ременная передача. На фиг. 83, *а* показана передача, состоящая из двух шкивов *А* и *Б*, установленных на параллельно расположенных валах и соединенных между собой бесшовным или сшивным плоским ремнем. Для плавности и эластичности передачи желательно применять бесшовные ремни. При вращении шкива *А* вследствие натяжения ремня и возникновения между шкивами и ремнем силы трения будет вращаться и шкив *Б*.

Шкив *А* в этом случае называется ведущим, а шкив *Б*, как получающий вращение от шкива *А*, ведомым. В данном случае оба шкива вращаются в одном направлении. Для вращения шкивов в разные стороны применяют передачу с перекрестным ремнем (фиг. 83, *б*). Такая передача называется перекрестной. Плоские ремни изготовляют из кожи, хлопчатобумажной пряжи, прорезиненной ткани и капрона.

Кроме плоских, широко применяют ремни клиновидной формы, которые изготовляют из хлопчатобумажной прорезиненной ткани. На фиг. 83, *в* показана передача с клиновидными ремнями. Эти ремни в сечении имеют трапецеидальный профиль и, как правило, применяются одновременно по нескольку штук в ряд на шкивах с трапецеидальными канавками.

Ременная передача в шлифовальных станках используется главным образом для передачи движения от электродвигателя к шлифовальному кругу.

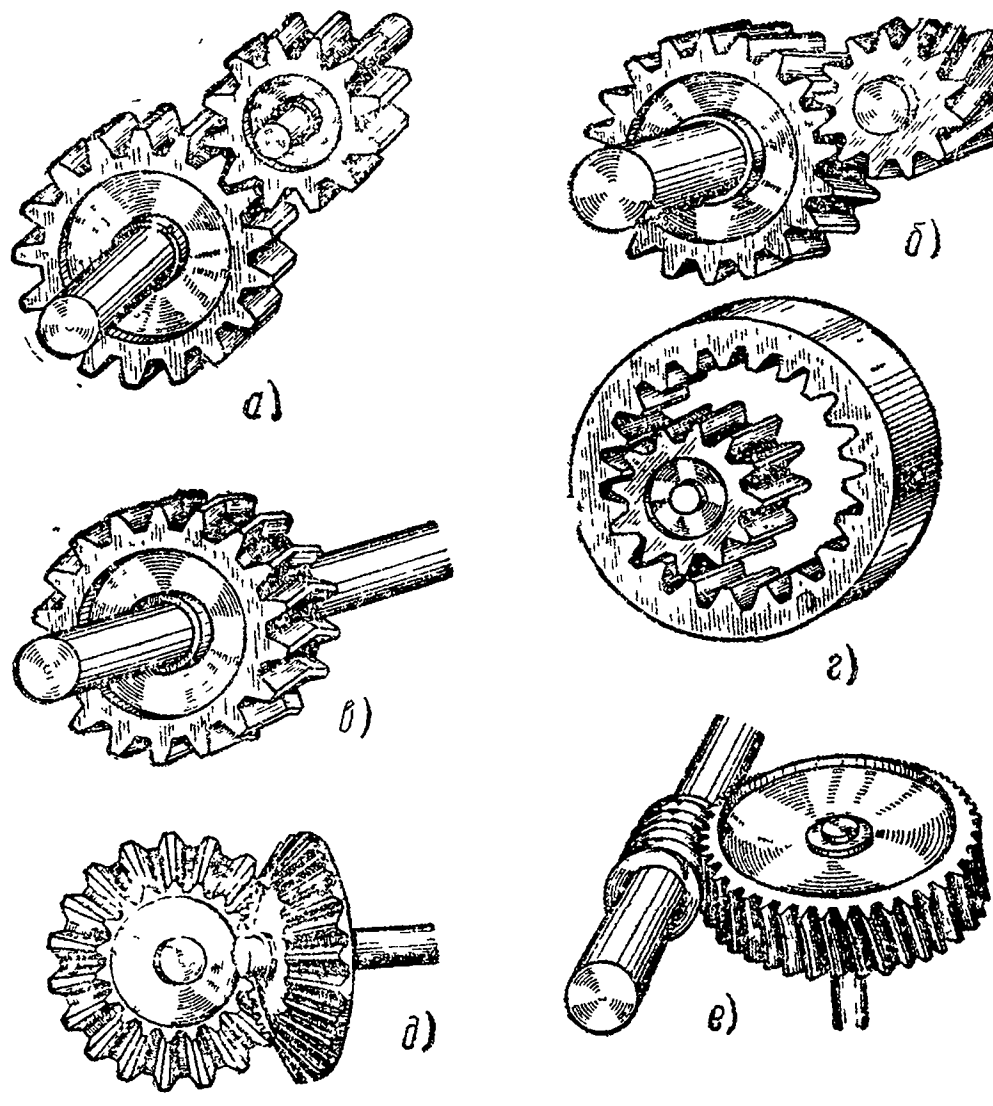
Цепная передача. В отличие от ременной, в цепной передаче вместо ведущего и ведомого шкивов применяют ведущие и ведомые звездочки, а вместо ремня — цепь, охватывающую звездочки (фиг. 84). Вращение звездочек происходит в одном направлении. Такие передачи применяют для передачи небольших крутящих моментов, например в приводе вращения шлифуемой детали на станках моделей 3Б151, 3А421.



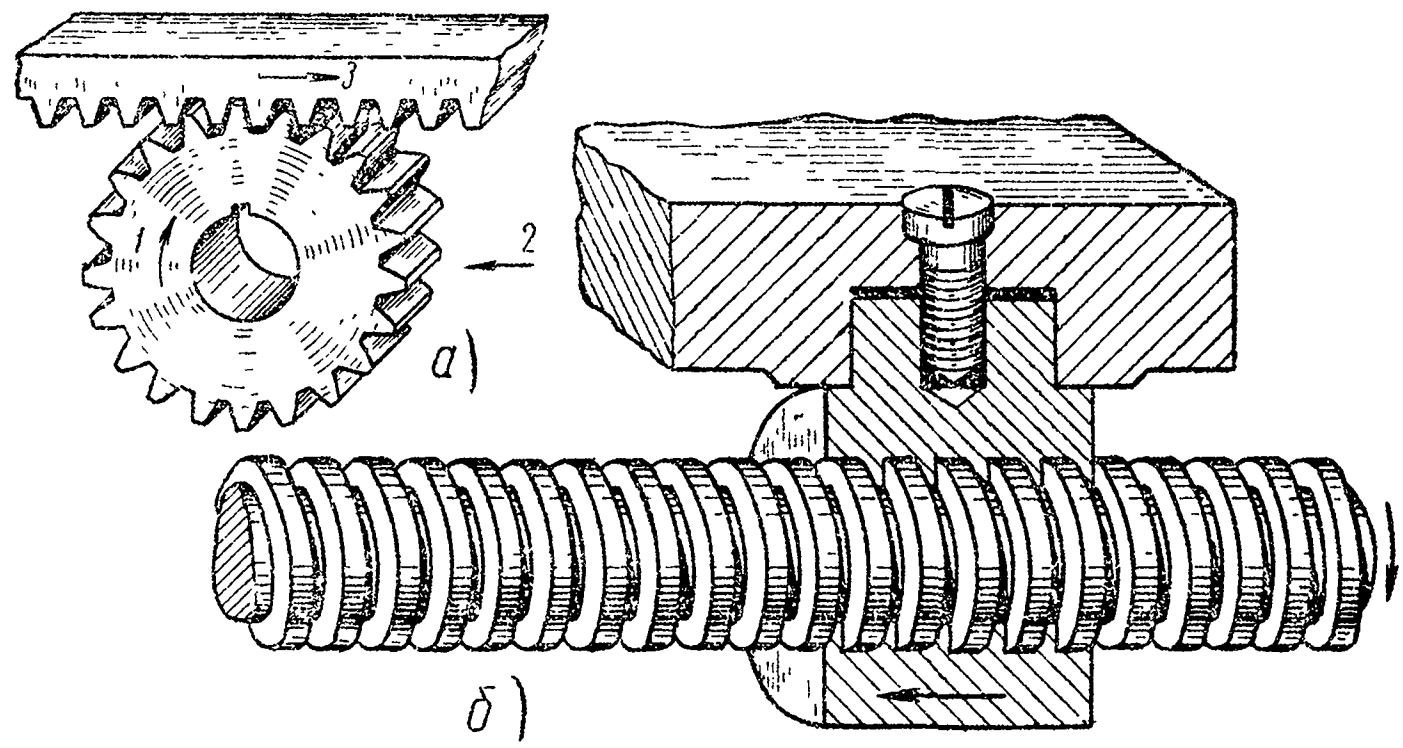
Фиг. 84. Цепная передача с роликовой цепью.

Зубчатая передача. Посредством зубчатых колес наружного и внутреннего зацепления передают вращательное движение от одного вала к другому. Так, для передачи вращательного движения между параллельными валами используют зубчатые колеса с прямыми (фиг. 85, *а*), винтовыми (фиг. 85, *б*) и шевронными зубьями (фиг. 85, *в*) и зубчатые колеса с прямыми зубьями внутреннего зацепления (фиг. 85, *г*). Для передачи движения между пересекающимися валами применяют конические прямозубые колеса (фиг. 85, *д*), а также конические колеса с криволинейными зубьями. Для передачи движения между скрещивающимися валами служат червячные передачи (фиг. 85, *е*). Червяк представляет собой винт с трапецеидальным профилем винтовой нитки и может быть однозаходным и многозаходным.

К зубчатым передачам, преобразующим вращательное движение в прямолинейное, относятся реечные передачи (фиг. 86, *а*). Если по неподвижной рейке катить зубчатое колесо



Фиг. 85. Типы зубчатых передач.



Фиг. 86. Передачи, преобразующие вращательное движение в поступательное:

а — реечная; *б* — винтовая.

в направлении часовой стрелки *1*, то ось колеса будет перемещаться справа налево (по стрелке *2*). Если зубчатое колесо не катить, а только вращать по часовой стрелке, то рейка будет перемещаться слева направо (по стрелке *3*).

Зубчатые передачи используют, например, для вращения стола на круглошлифовальном станке модели 3Б756, для ручного продольного перемещения стола.

Винтовая передача. Эта передача (фиг. 86, *б*), как и реечная, служит для преобразования вращательного движения в поступательное. Винту обычно сообщается вращательное движение, а гайка, навернутая на винт, удерживается от вращения стопорным винтом или другим способом. Поэтому при вращении винта она движется только поступательно вдоль его оси.

§ 2. ДЕТАЛИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ

В современных шлифовальных станках широко применяется гидравлический привод. Гидравлический привод используется главным образом для движения подачи и для вспомогательных движений. Применение гидравлического привода в металлорежущих станках для получения вращательного движения пока ограничено тем, что конструкции гидравлических приводов для этой цели получаются более сложными и дорогими по сравнению с механическими. Широкое применение его в шлифовальных станках объясняется следующим.

1. Гидравлический привод обеспечивает получение скорости движения в широких пределах. Регулирование скорости бесступенчатое, т. е. можно установить любую желаемую величину скорости в пределах, допускаемых конструкцией привода. Скорость можно изменять без остановки движения, на ходу.

2. Достигаемый при его использовании спокойный ход станка способствует получению обработанной поверхности высокого качества и высокой точности.

3. Гидравлический привод обеспечивает автоматическую защиту механизмов станка от перегрузки, так как наличие в гидравлической системе станка специальных клапанов позволяет поддерживать в ней заданное давление.

4. Возможна автоматизация процесса обработки простыми средствами.

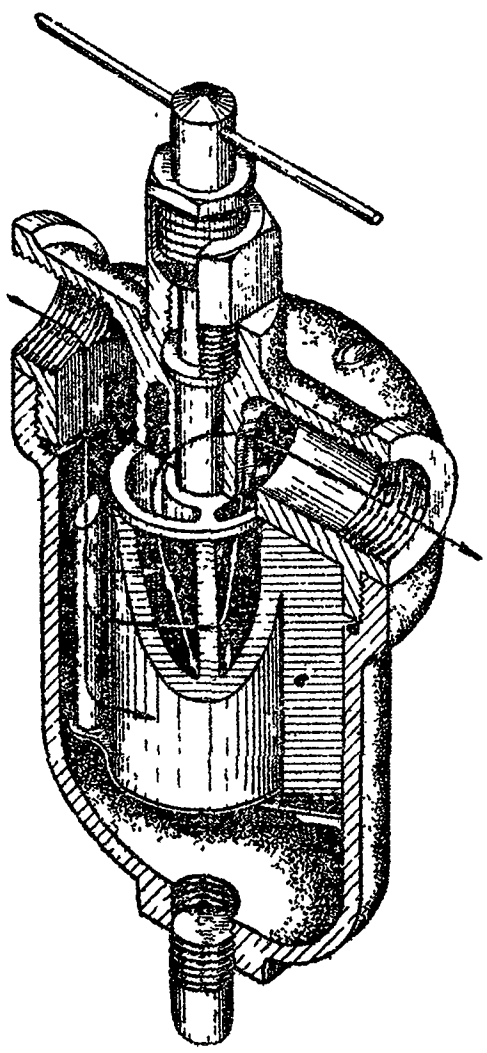
5. Самосмазываемость всех механизмов гидравлического привода и систематический обмен смазки (ввиду циркуляции масла) повышают долговечность движущихся деталей станка.

В качестве рабочей жидкости в гидравлических приводах используют минеральные масла различных марок. Лучшими

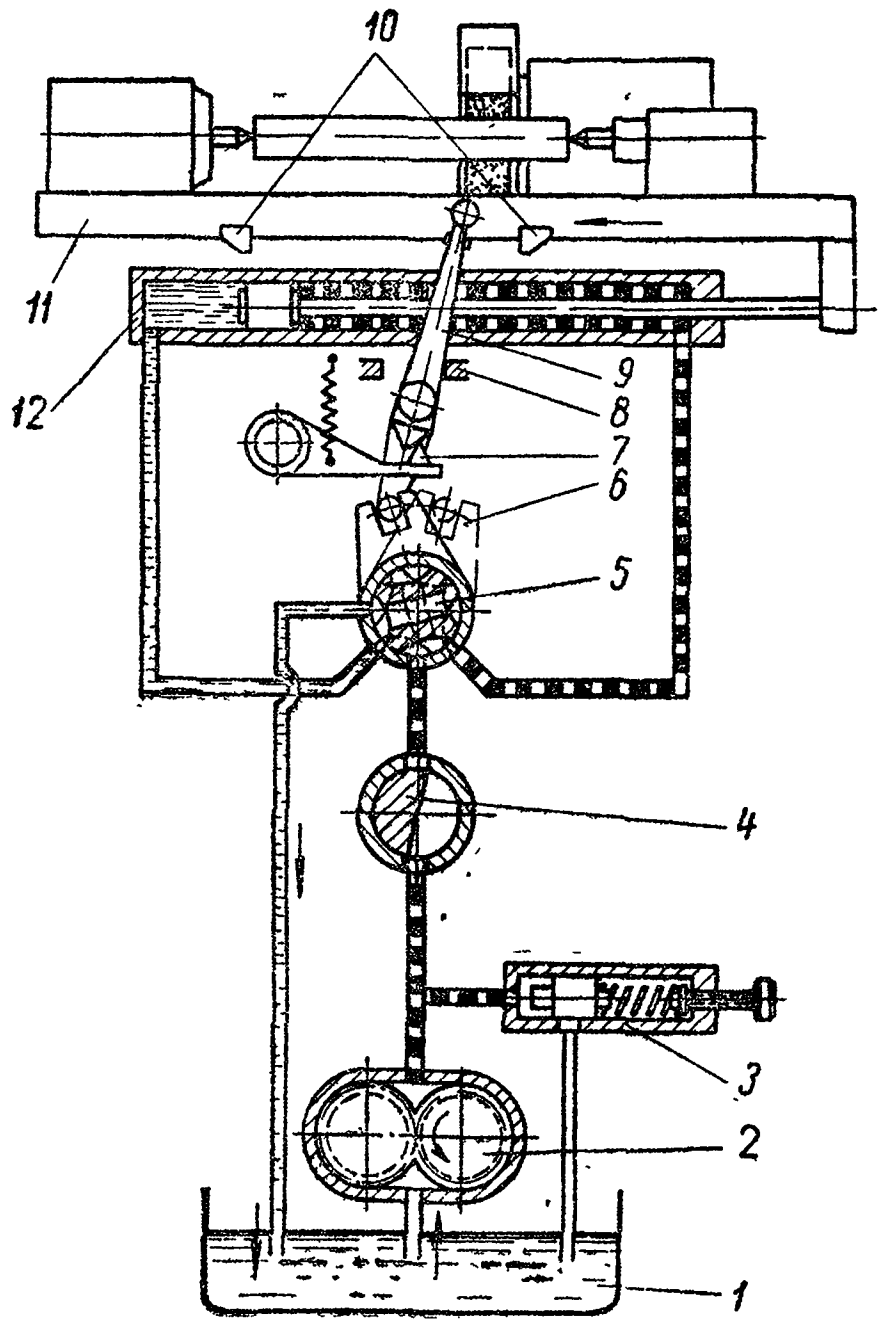
маслами являются индустриальное 12 (веретенное 2), индустриальное 20 (веретенное 3) и турбинное 22 (турбинное Л). Заменителем этих масел служит масло индустриальное 30 (машинное Л).

Масло, поступающее в гидравлическую систему механизмов движения станка, фильтруется сетчатыми или проволочными фильтрами. Его очистка в системах смазки чаще всего производится пластинчатыми фильтрами (фиг. 87), которые используются также и в гидроприводе.

На фиг. 88 показана типовая схема гидравлической системы для получения возвратно-поступательного движения стола круглошлифовальных, внутришлифовальных и других станков. Масло засасывается из резервуара *1* через всасывающий трубопровод насосом *2*, через дроссель *4* подается в распределительный кран *5* и дальше в гидравлическую систему стола.



Фиг. 87. Пластинчатый фильтр.



Фиг. 88. Гидравлическая схема стола круглошлифовального станка.

Дросселем регулируют количество проходящего через него масла, а следовательно, и скорость движения рабочего цилиндра *12*. Пройдя кран *5*, масло направляется в правую полость

рабочего цилиндра *12*. Одновременно из левой полости цилиндра, пройдя через распределительный кран *5*, масло возвращается в резервуар *1*. При повышении давления в системе излишек масла выпускается в резервуар через предохранительный клапан *3*. Изменение направления движения стола осуществляется упорами *10*, расположенными на столе *11*, с помощью рычага *9*. Этот рычаг поворачивает вилку *6* крана *5*, регулирующего направление впуска масла в рабочий цилиндр. Переходу рычага *9* через мертвое положение содействует рычаг *7*, снабженный пружиной и остроугольной призмой, а упоры *8* ограничивают его отклонение.

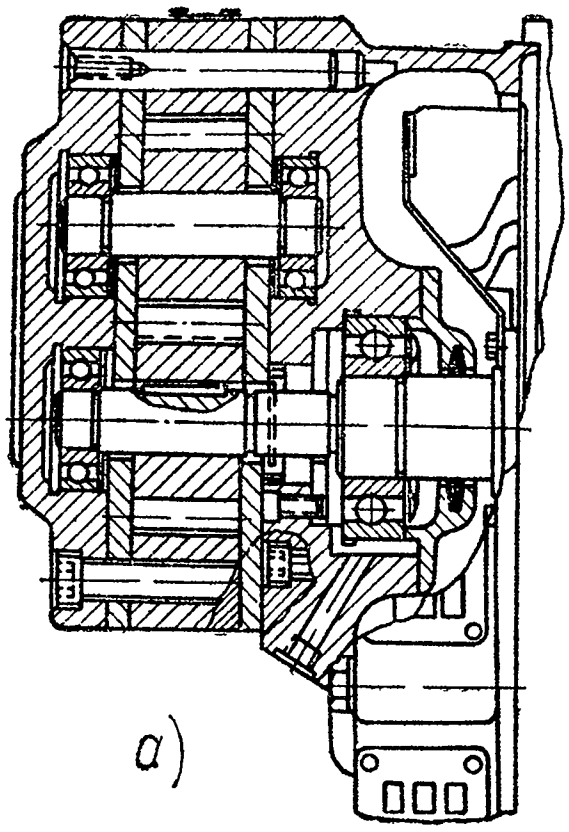
Более сложные гидравлические системы современных шлифовальных станков, например системы, включающие подвод, отвод или подачу бабки шлифовального круга и осуществляющие управление вспомогательными механизмами и блокировкой станка, получают путем добавления к основной системе дополнительных гидравлических узлов. Гидравлическая система металлорежущих станков состоит из насоса, контрольно-регулирующих устройств, распределительных устройств, механизмов перемещения рабочих органов станка.

Насосы. Для подачи жидкости в гидравлическую систему станка применяют шестеренчатые, лопастные и поршневые насосы.

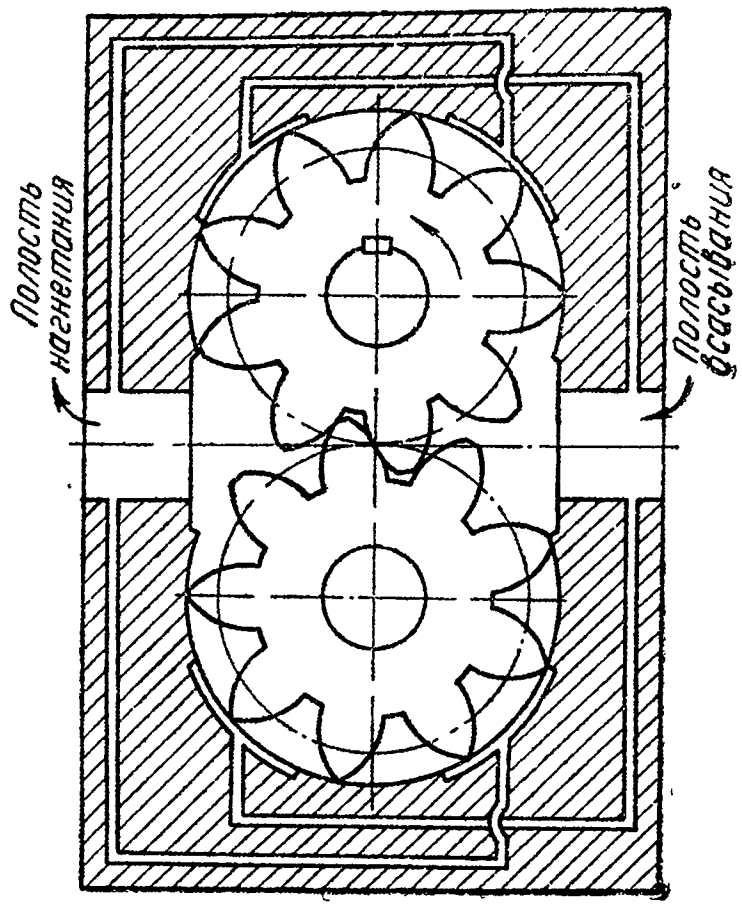
Поршневые и лопастные насосы могут быть с постоянной и регулируемой производительностью. Шестеренчатые насосы бывают только с постоянной, нерегулируемой производительностью. Под производительностью насоса понимают количество поданного масла (в литрах) в единицу времени (в минуту). Изменяя производительность насоса, регулируют скорость рабочих движений станка.

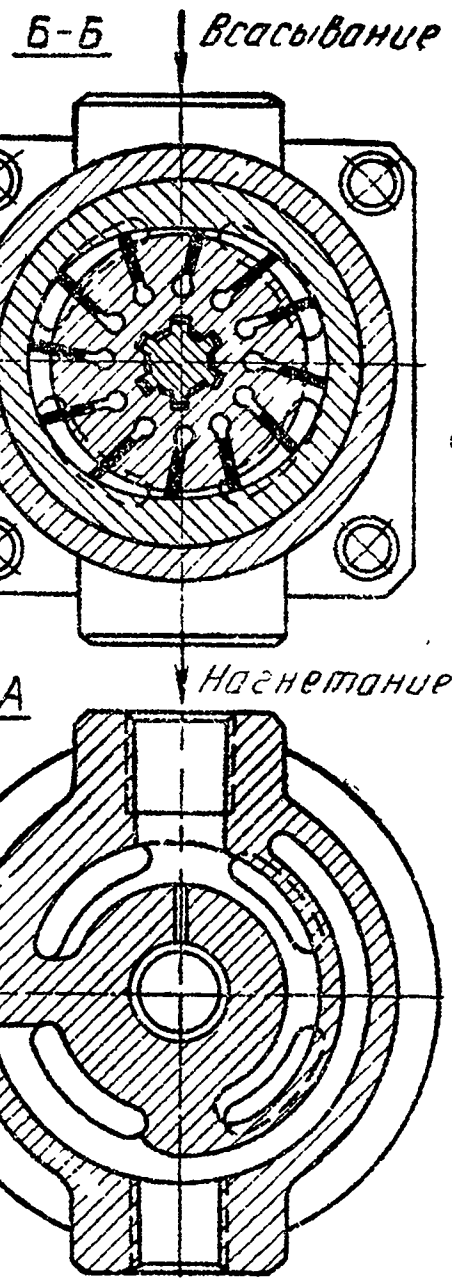
В гидравлических системах шлифовальных станков с насосами постоянной производительности скорость рабочих движений регулируется обычно дросселями. Шестеренчатый насос постоянной производительности (фиг. 89, *а*) состоит из двух цилиндрических зубчатых колес, вращающихся в корпусе насоса с малым зазором. Одно зубчатое колесо, закрепленное на приводном валу, получает вращение от двигателя и приводит в движение другое зубчатое колесо.

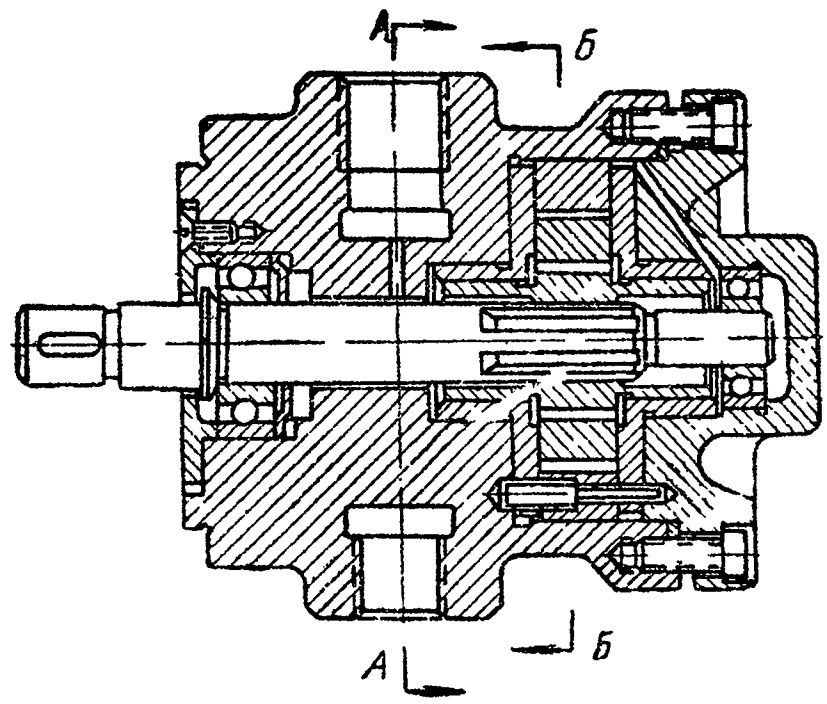
К ободу зубчатых колес в местах зацепления подводится с одной стороны всасывающий, а с другой нагнетательный трубопроводы. При вращении зубчатых колес масло захватывается зубьями и переносится от всасывающего трубопровода к нагнетательному, в результате чего в местах выхода зубьев из зацепления образуется разрежение (вакуум) и происходит засасывание масла из бака. Иногда для увеличения плавности



а)







б)

Фиг. 89. Схема насосов:
а — шестеренчатого; *б* — лопастного двойного действия.

работы насоса и равномерной подачи масла применяют винтовые или шевронные зубчатые колеса. Нагнетательные и всасывающие трубы насосов иногда соединяют ответвлениями, вследствие чего давление в диаметрально противоположных впадинах зубьев колес выравнивается. Такие насосы называют разгруженными.

В отечественном станкостроении применяют шестеренчатые насосы производительностью 5, 8, 12, 25, 35, 50, 70 и 125 *л/мин*, давлением 10, 15 и 25 *кг/см²*, мощностью 1,2—7 *квт*.

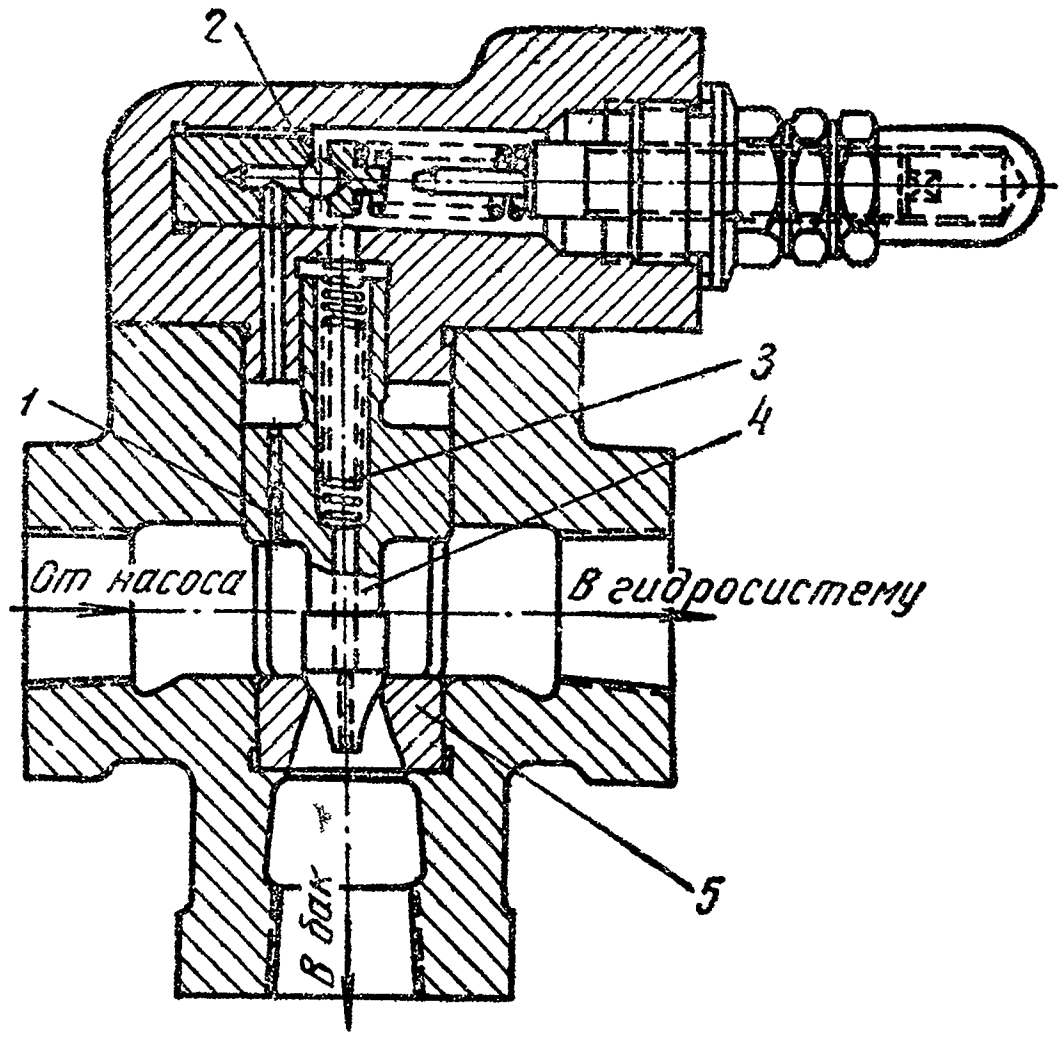
Схема действия лопастного насоса постоянной производительности показана на фиг. 89, *б*. Диск ротора насоса вращается в статорном кольце, внутренняя поверхность которого имеет эллиптическую форму. Такая форма поверхности статора дает возможность лопастям совершить два двойных хода за один оборот диска ротора. Лопасти, выдвигаясь из пазов ротора, образуют камеры, в которые засасывается масло из бака. При вдвижении лопастей размеры камеры уменьшаются, и масло нагнетается в систему. В течение одного оборота ротора масло подается в систему дважды, обеспечивая этим высокую производительность насоса. Камеры нагнетания и всасывания расположены друг против друга, что позволяет уравновесить в насосе давление на ротор. Лопастные насосы применяют производительностью от 5 до 110 *л/мин*, давлением до 65 *кг/см²* и мощностью от 1 до 13 *квт*.

Контрольно-регулирующие устройства. Для контроля и регулирования количества и давления масла, подаваемого в цилиндр, применяют различные контрольно-регулирующие устройства: предохранительные редукционные и переливные клапаны, дроссели, регуляторы скоростей и др.

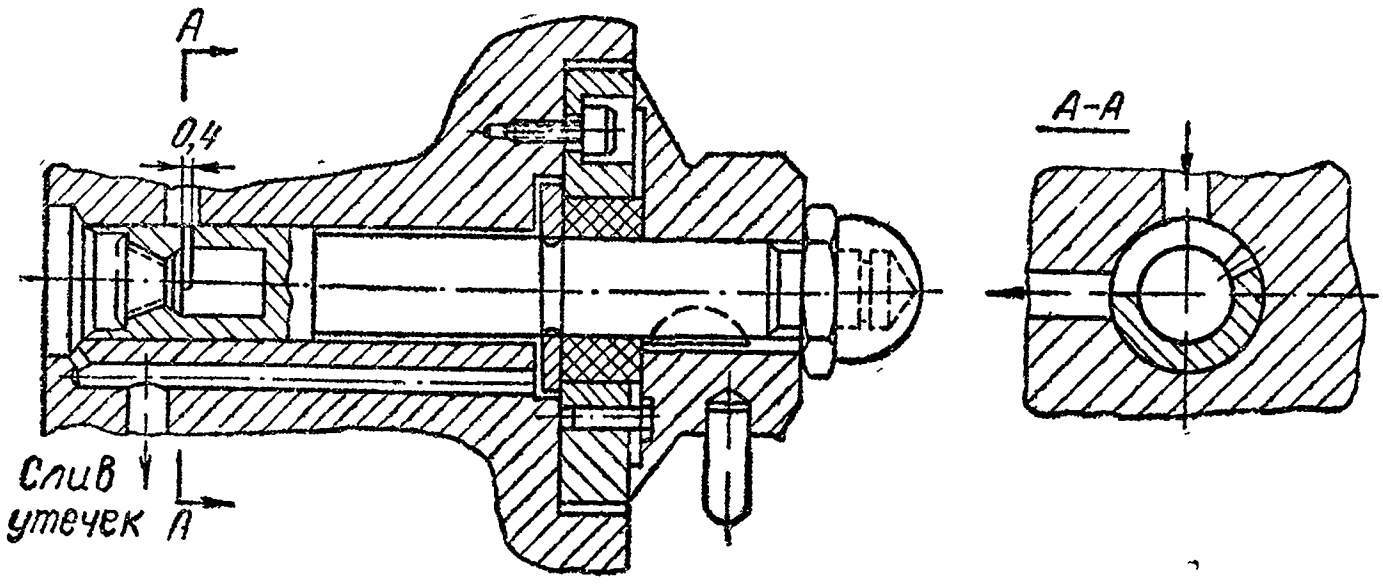
Предохранительные клапаны служат для ограничения в гидравлической системе давления масла. На фиг. 90 показана конструкция такого клапана. При установившемся давлении клапан *4* прижимается к седлу *5* пружиной *3* и давлением масла, которое заполняет верхнюю полость клапана через отверстие *1*. Масло от насоса поступает в гидросистему станка. В случае повышения давления открывается шариковый клапан *2*, давление масла в верхней полости клапана падает, так как сечение отверстия *1* меньше сечения выходного отверстия в шариковом клапане. Клапан *4* приподнимается над седлом и открывает кольцевую щель, через которую избыток масла сливается в бак. Давление быстро снижается до нормального, и клапан снова опускается на седло.

Дроссели применяются для регулирования количества подаваемого масла нерегулируемым насосом. Они устанавливаются перед цилиндром, т. е. на нагнетательном трубопроводе, или за

цилиндром на выходе. Регулированием количества масла, протекающего через дроссель, изменяется скорость движения поршня. Различают дроссели игольчатые, диафрагменные, ще-



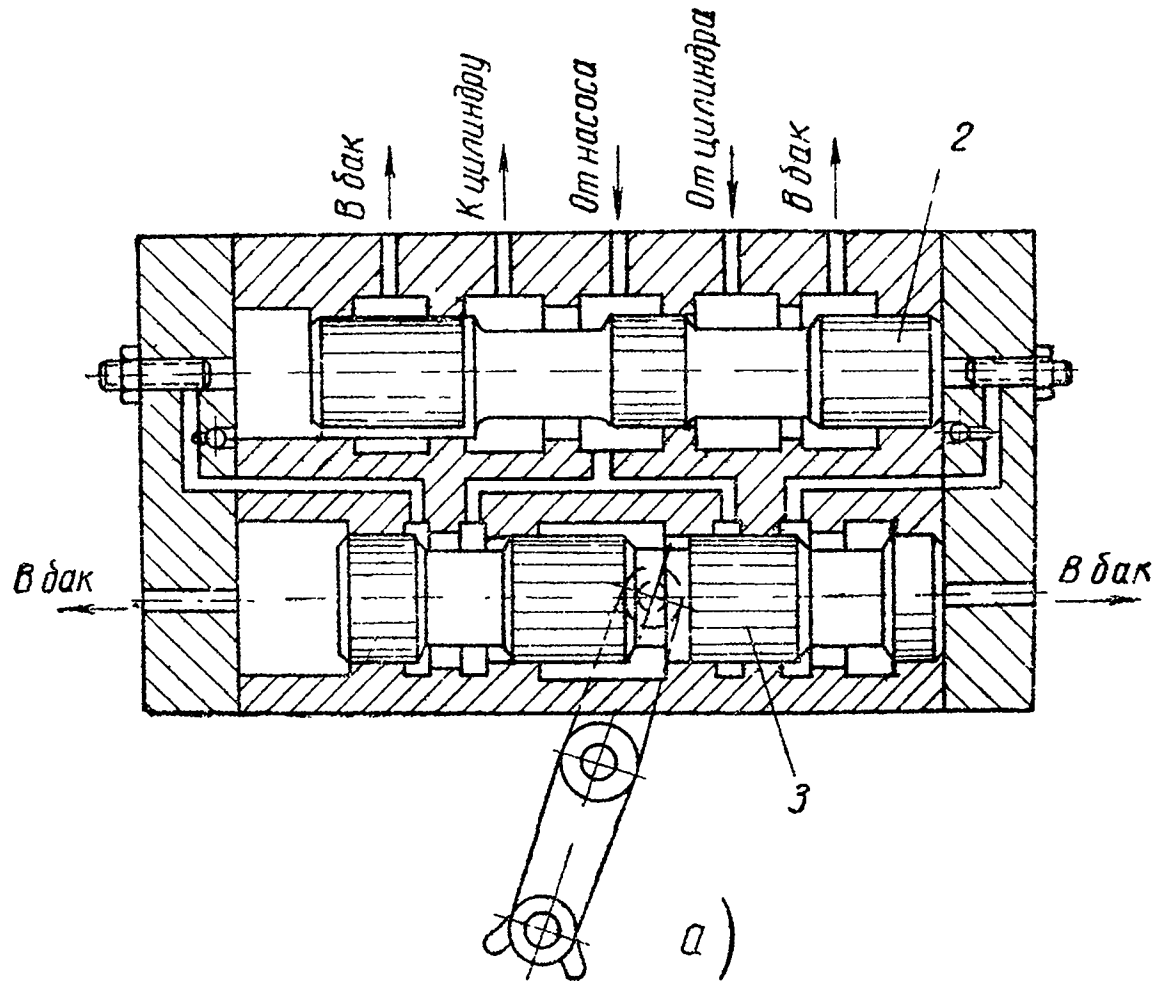
Фиг. 90. Предохранительный клапан.

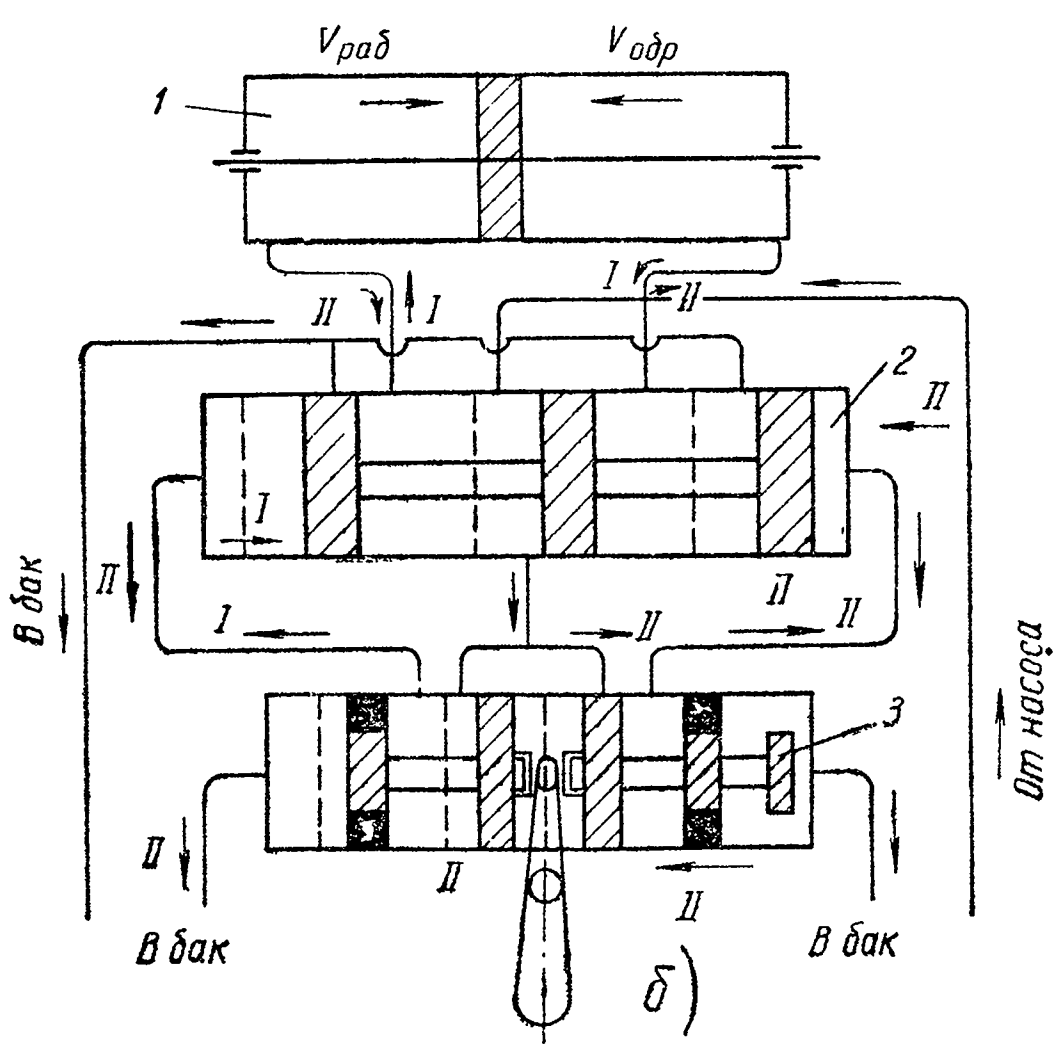


Фиг. 91. Дроссель поворотный щелевого типа.

левые и др. На фиг. 91 показан дроссель поворотный щелевого типа.

Распределительные устройства. Золотники в гидравлических системах предназначены для распределения потоков масла по трубопроводам. Такое распределение осуществляется с помощью плунжера золотника. Плунжер перемещается в корпусе



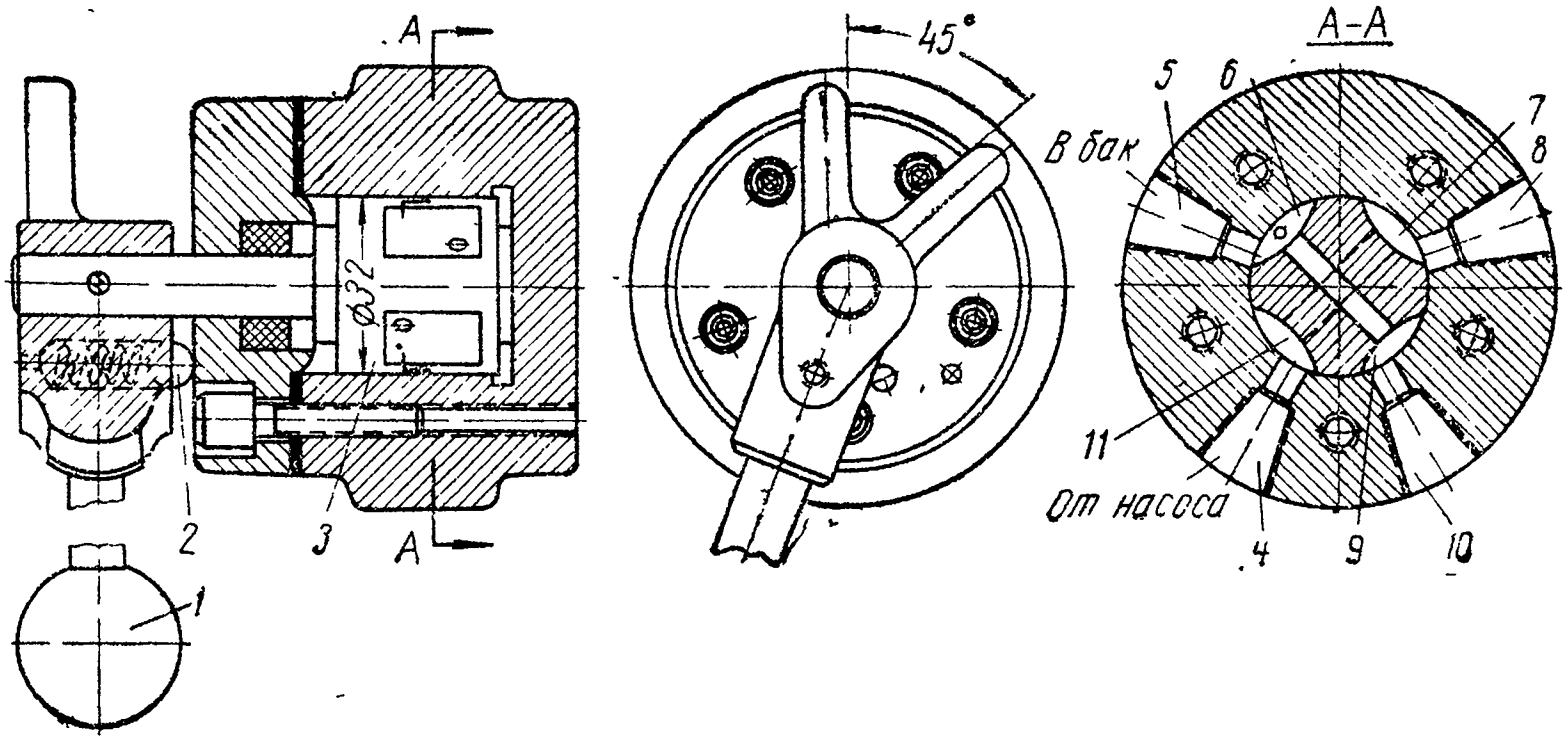


Фиг. 92. Схемы реверсивного движения поршня:

а — золотники управления и реверсирования; *б* — потоки масла; *I* и *II* — направления движения масла.

и соединяет или перекрывает каналы, по которым необходимо пропустить масло или соответственно преградить ему путь.

На фиг. 92 приведена схема реверсивного движения поршня с гидравлическим управлением от золотника *3*. Во время рабочего хода станка золотник *3* занимает правое положение, и масло от насоса, пройдя золотник *3*, заставляет плунжер золотника *2* переместиться вправо. При этом основной поток масла направляется в левую полость рабочего цилиндра *1*, а из правой полости цилиндра масло уходит в бак. При перемещении пилота влево масло от насоса направляется через пилот в правую полость золотника, вытесняя масло из левой его полости в бак.



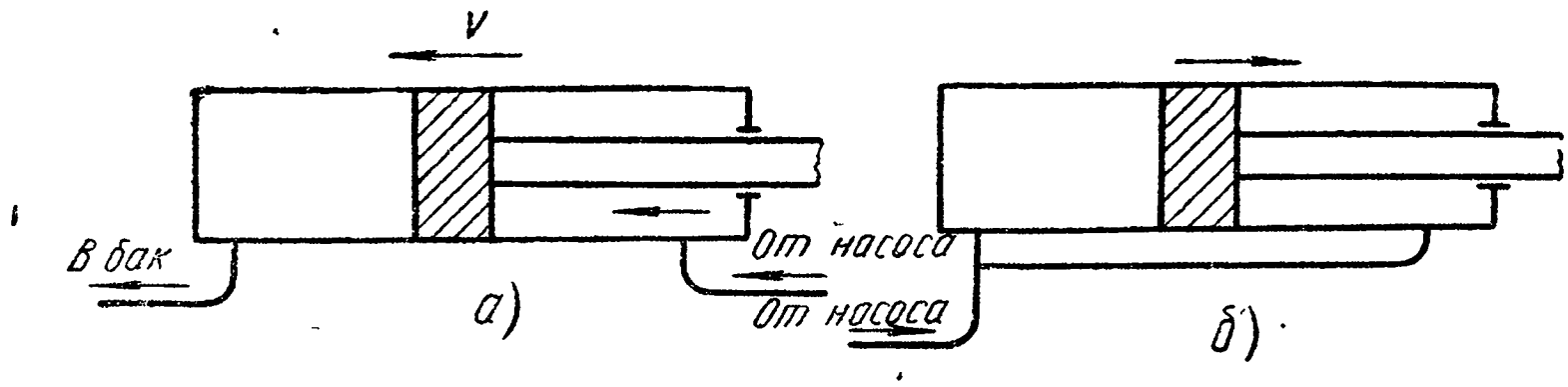
Фиг. 93. Конструкция поворотного золотника.

На фиг. 93 показана конструкция поворотного золотника, управляемого механически. Масло от насоса подводится в отверстие *4* и в зависимости от положения крана *3* направляется в одно из отверстий — *8* или *10*. В показанном на фиг. 93 положении крана отверстие *4* сообщается с камерой *11*, масло направляется через камеры *11* и *7* в отверстие *8* и далее в рабочую полость цилиндра. Из рабочей полости масло поступает в отверстие *10* и направляется через камеры *9* и *6* и отверстие *5* на слив в бак.

Если кран *3* рукояткой *1* повернуть на 45°, то отверстие *4*, сообщаясь с камерой *11*, соединится с отверстием *10*, из которого через трубопровод масло начнет поступать в другую полость цилиндра. Из рабочей полости цилиндра масло поступает в отверстие *8* и через камеры *6* и *9* сливается в бак через отверстие *5*. Оба положения крана фиксируются шариковым фиксатором *2*.

Цилиндры. Цилиндры имеют поршни с односторонним или двусторонним штоком. Скорости прямого и обратного хода пор-

шня с двусторонним штоком одинаковы при условии, что в правую и левую полости цилиндра подается одинаковое количество масла. Скорости прямого и обратного хода поршня с односторонним штоком различны. Масло, которое подается насосом в гидравлическую систему, давит на поршень, заставляя его и жестко связанный с его штоком стол станка совершать прямолинейное движение. Скорость v движения стола зависит от объема масла Q, подаваемого в цилиндр. Зная этот объем и площадь поршня цилиндра F, можно определить скорость движения поршня, а следовательно, и скорость движения стола станка по формуле



Фиг. 94. Схема гидравлического цилиндра для сообщения одинаковых скоростей прямого (*а*) и обратного (*б*) хода.

$$v=\frac{Q}{F}=\frac{40Q}{\pi(D^2-d^2)}\ м/мин,$$

где D — диаметр поршня в *см*;
d — диаметр штока поршня в *см*;
Q — расход масла в *л/мин*;
F — площадь поршня в *см*^{2}.

Для поршня с односторонним штоком скорости движения прямого и обратного хода стола станка, несмотря на неравные объемы правой и левой полости цилиндра, можно получить равными. Для этого необходимо, чтобы

$$F=2F_{шт},$$

где $F_{шт}$ — площадь поперечного сечения штока.

При движении поршня влево масло от насоса поступает в правую полость цилиндра (фиг. 94, *а*). Объем поступившего масла равен

$$Q=v(F-F_{шт})=vF_{шт}.$$

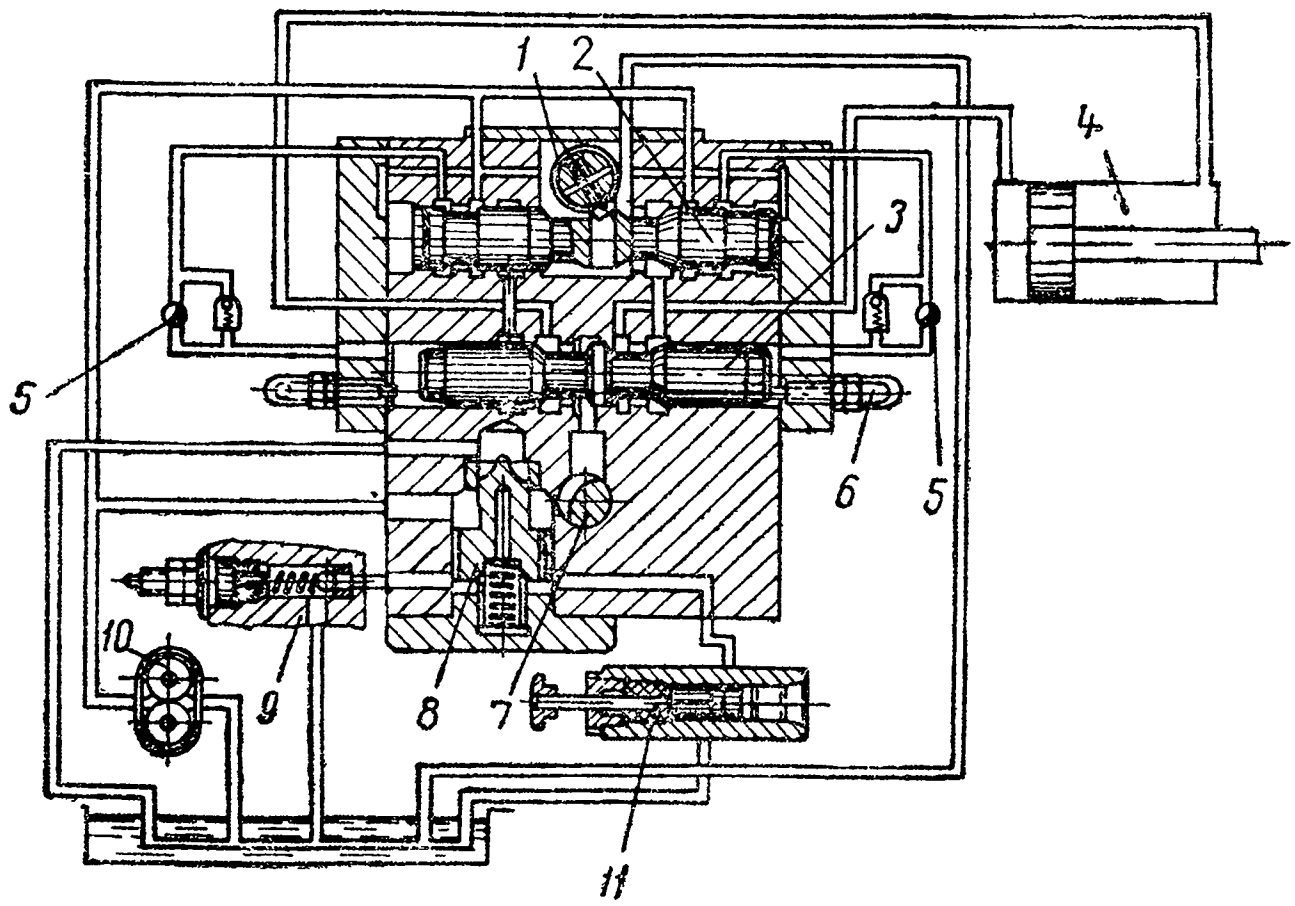
Отсюда скорость поршня

$$v=\frac{Q}{F_{шт}}.$$

Движение поршня в обратную сторону, т. е. слева направо, происходит с одинаковой скоростью в том случае, если обе по-

лости цилиндра будут между собой сообщаться (фиг. 94, *б*). При этом левая полость одновременно заполняется маслом, поступающим от насоса, и маслом, вытесняемым из правой полости. Цилиндры такой конструкции называют дифференциальными.

Гидропанели. Устройства, предназначаемые для автоматического распределения, регулирования и управления рабочими движениями механизмов станка, конструктивно выполняются в виде одного узла, называемого гидропанелью. В гидропанель



Фиг. 95. Гидропанель.

обычно входят: реверсивный золотник, золотник управления, регулятор скорости, а также предохранительный, редукционный, дозирующий, обратный и другие клапаны.

На фиг. 95 показана стандартная гидропанель для шлифовальных станков. Она состоит из регулятора скорости (дросселя) *7*, переливного клапана *8*, реверсивного золотника *3*, золотника управления *2*, дополнительных дросселей *5* и пусковой кнопки *11*. При пуске стола станка необходимо перекрыть доступ масла в бак, что и осуществляется передвижением кнопки *11*. Насосом *10* масло подается в золотник *2* и одновременно через переливной клапан *8* с дросселем *7* в реверсивный золотник *3*.

Если плунжер золотника управления *2* займет положение, показанное на фиг. 95, масло от насоса, пройдя золотник *2* и левый дроссель *5*, переместит плунжер реверсивного золотника *3* вправо. Масло из правой полости золотника *3* через правый

дроссель *5* вытесняется в бак. При таком положении золотника *3* масло от насоса поступает в правую полость цилиндра *4*, а из левой полости вытесняется через золотник *3* и *2* в бак. При этом осуществляется рабочий ход стола влево. В конце рабочего хода стола жесткий упор поворачивает вал *1*, и золотник управления *2* перемещается влево. Масло от насоса поступает через правый дроссель *5* в правую полость реверсивного золотника и передвигает его в левое крайнее положение. При таком положении реверсивного золотника масло от насоса направляется в левую полость цилиндра, а из правой полости вытесняется в бак. Так осуществляется рабочий ход стола вправо.

Дополнительные дроссели *5* создают равномерную скорость перемещения плунжера реверсивного золотника *3*. Разгрузочный шариковый клапан *9*, соединенный с переливным клапаном *8*, предохраняет систему от перегрузки. Малое отверстие в клапане *8* обеспечивает равенство давлений в нижней части клапана и в системе. При повышении давления в системе клапан *9* пропускает масло в бак. При этом давление под плунжером переливного клапана *8* уменьшается, клапан опускается, и масло поступает через седло клапана в бак. Величина давления в гидравлической системе регулируется натяжением пружин с помощью винта у клапана *9*. Винтами *6* регулируют крайнее положение золотника *3*.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1 Перечислите механические передачи, применяемые в шлифовальных станках.

2. Каковы преимущества гидравлических передач?

3. Назовите масла, применяемые в гидравлических передачах.

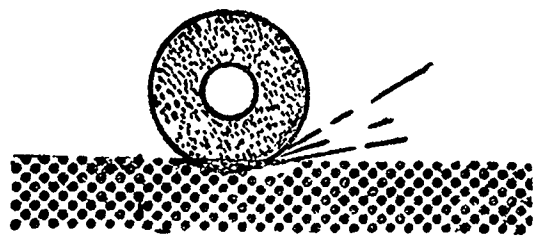
4. Из каких частей состоит гидравлическая передача?

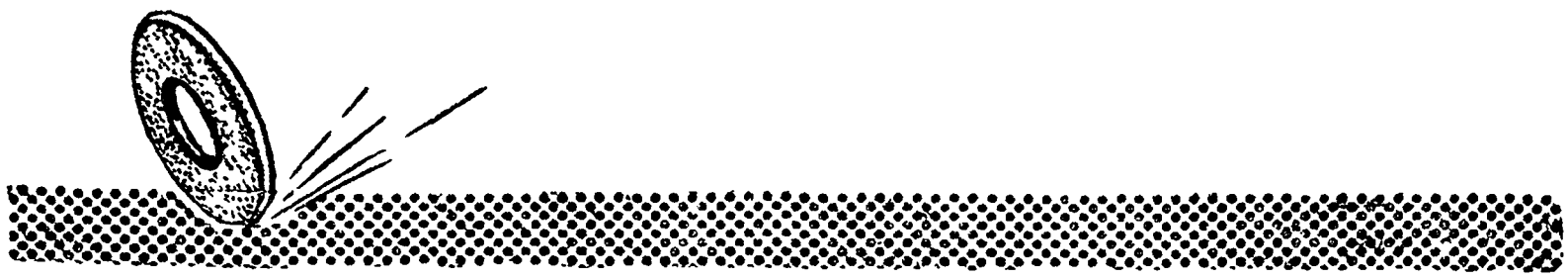
5. Расскажите, как работает шестеренчатый и лопастный насос.

6. Для чего применяют контрольно-регулирующие устройства в гидравлических передачах?

7. Как осуществляется распределение потоков масла по трубопроводам?

8. Что такое гидропанель?





ГЛАВА ДЕСЯТАЯ

КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Металлорежущие станки, предназначенные для обработки деталей абразивными инструментами, составляют особую группу станков. К ним относятся шлифовальные, полировальные, доводочные станки и станки, работающие абразивной лентой. Шлифовальным станком называется такой станок, на котором обработка поверхностей детали осуществляется вращающимся абразивным инструментом. Шлифовальные станки отличаются от станков других типов следующим.

1. Количество движений на шлифовальных станках по сравнению со станками с резцовым инструментом значительно больше. Так, при обточке валика на токарном станке необходимы три движения: вращение обрабатываемой детали, прямолинейное поступательное перемещение резца, поперечное перемещение для установки резца на стружку. При шлифовании того же валика на круглошлифовальном станке необходимы четыре движения: вращение шлифовального круга, вращение шлифуемой детали, прямолинейно-возвратное перемещение стола с обрабатываемой деталью и, наконец, поперечное перемещение шлифовального круга после каждого прохода.

2. Восстановление режущей способности шлифовального круга осуществляется без снятия его со станка, путем правки круга непосредственно на самом станке. Правка выполняется специальным устройством, устанавливаемым на станке или встроенным в станок. Резцы, сверла, фрезы и другие режущие инструменты, применяемые на других станках, для восстановления их режущей способности затачиваются на заточных станках.

3. Шлифовальные станки обеспечивают 1 и 2 классы точности. Это требует более точного выполнения движений всеми механизмами. На других станках получение такой высокой степени точности затруднительно.

В зависимости от формы шлифуемой поверхности и вида шлифования шлифовальные станки подразделяются на станки для наружного шлифования тел вращения; станки для внутреннего шлифования тел вращения; плоскошлифовальные; отделочные; специализированные; специальные; станки для заточки режущих инструментов.

К станкам для наружного шлифования тел вращения относятся: простые круглошлифовальные, универсальные круглошлифовальные, врезные круглошлифовальные и бесцентровые круглошлифовальные станки.

Круглошлифовальные станки предназначаются для обработки наружных поверхностей тел вращения при продольной подаче заготовки, установленной в центрах. На *универсальных круглошлифовальных* станках обрабатывают наружные и внутренние поверхности тел вращения при вращении и продольной подаче заготовки, закрепленной в центрах или в патроне. *Врезные круглошлифовальные* станки служат для обработки наружных поверхностей тел вращения при вращении заготовки и поперечной подаче абразивного инструмента. *Бесцентровые круглошлифовальные* станки используются для обработки наружных поверхностей тел вращения при вращении и продольной подаче заготовки или при вращении и поперечной подаче заготовки или инструмента.

К станкам для внутреннего шлифования тел вращения относятся: внутришлифовальные, планетарные внутришлифовальные и бесцентровые внутришлифовальные станки.

На *внутришлифовальных станках* обрабатываются внутренние поверхности тел вращения при вращении и продольной подаче заготовки, закрепленной в патроне (цанге) или при вращении заготовки и продольной подаче абразивного инструмента.

Планетарные внутришлифовальные станки предназначены для обработки внутренних цилиндрических поверхностей корпусных деталей при вращении оси абразивного инструмента вокруг оси обрабатываемой поверхности и продольной или поперечной подаче инструмента.

На *бесцентровых внутришлифовальных* станках ведется обработка внутренних поверхностей тел вращения при вращении заготовки, заключенной между подающим диском и двумя опорными роликами (колодками), и продольной или поперечной подаче абразивного инструмента.

Плоскошлифовальные станки предназначены для обработки плоских поверхностей деталей периферией или торцом вращающегося абразивного инструмента. Они подразделяются на станки для периферийного шлифования и станки для торцового

шлифования. В зависимости от расположения оси шпинделя станки делятся на *плоскошлифовальные с горизонтальным шпинделем и плоскошлифовальные с вертикальным шпинделем.* В зависимости от характера движения стола плоскошлифовальные станки подразделяются на станки с прямоугольным столом и станки с круглым столом.

К отделочным станкам относятся: притирочные, доводочные, хонинговальные, шлифовально-отделочные, полировальные станки и станки для шлифования абразивной лентой.

Притирочные станки — это станки, на которых прирабатываются сопряженные поверхности двух деталей с вводом между этими поверхностями абразивных зерен, причем одна сопряженная деталь движется относительно другой.

На *доводочных* станках обрабатывают поверхности, требующие высокой точности и высокого класса чистоты.

Хонинговальные станки предназначены для обработки преимущественно цилиндрических или конических поверхностей составным абразивным инструментом — хонинговальной головкой при движении инструмента или заготовки по винтовой линии.

На шлифовально-отделочных станках обрабатывают плоские поверхности, тела вращения, требующие высокого класса чистоты и геометрической точности. Шлифование ведется одним или несколькими абразивными инструментами, совершающими колебательные движения вдоль оси вращающейся и перемещающейся продольно заготовки.

На *полировальных* станках обрабатывают наружные и внутренние поверхности различной формы, требующие гладкости или блеска, упругим абразивным инструментом.

Станки для *шлифования абразивной лентой* имеют в качестве режущего инструмента бесконечный ремень, на который нанесен абразивный порошок. Эти станки выпускаются как обдирочные и как обычные шлифовальные.

Специализированные шлифовальные станки применяются для шлифования определенных деталей, например зубчатых колес, многошпоночных валиков, кулачков коренных и шатунных шеек и коленчатых валов, поршневых колец.

Специальные шлифовальные станки применяются для выполнения определенных операций при обработке деталей одного типа. Примером может служить круглошлифовальный станок для наружного шлифования с планетарным движением шпинделя.

Специализированные и специальные станки бывают одношпиндельные и многошпиндельные, работающие одновременно несколькими шлифовальными кругами.

К станкам для заточки режущих инструментов (заточным) относятся простые, универсальные и специальные.

Приведенные типы станков не исчерпывают всего разнообразия шлифовальных станков.

Обозначение типов шлифовальных станков. В технической литературе применяют условные обозначения типов станков. Обозначение состоит из трех — четырех цифр и буквы. Буква располагается между первой и второй цифрами или в конце. По принятой системе обозначений все станки разбиты на группы и в условном обозначении первая цифра слева означает группу станка. Группа токарных станков обозначается цифрой 1, сверлильные и расточные — 2, станки с абразивным инструментом — 3, специальные — 4, зубообрабатывающие и резьбонарезные — 5, фрезерные — 6, строгальные, долбежные и протяжные — 7, разрезные — 8 и все остальные, не относящиеся к перечисленным выше станкам,—9.

Следовательно, номер шлифовального станка начинается с цифры 3. Вторая цифра означает тип станка. Круглошлифовальные станки обозначаются цифрой 1, внутришлифовальные — 2, обдирочно-шлифовальные — 3, специализированные шлифовальные для валов — 4, заточные — 6 (цифра 5 не применяется), плоскошлифовальные с прямоугольным или круглым столом — 7, притирочные и полировальные — 8 и разные станки, работающие с применением абразивного инструмента,—9. Третья цифра в условном обозначении, а для некоторых станков и четвертая определяет основные размеры станка. В тех случаях, когда необходимо указать, что рассматриваемая конструкция станка усовершенствована, в условное обозначение вводится буква.

§ 2. ЦЕНТРОВОЙ КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫЙ СТАНОК МОДЕЛИ 3Б151 *

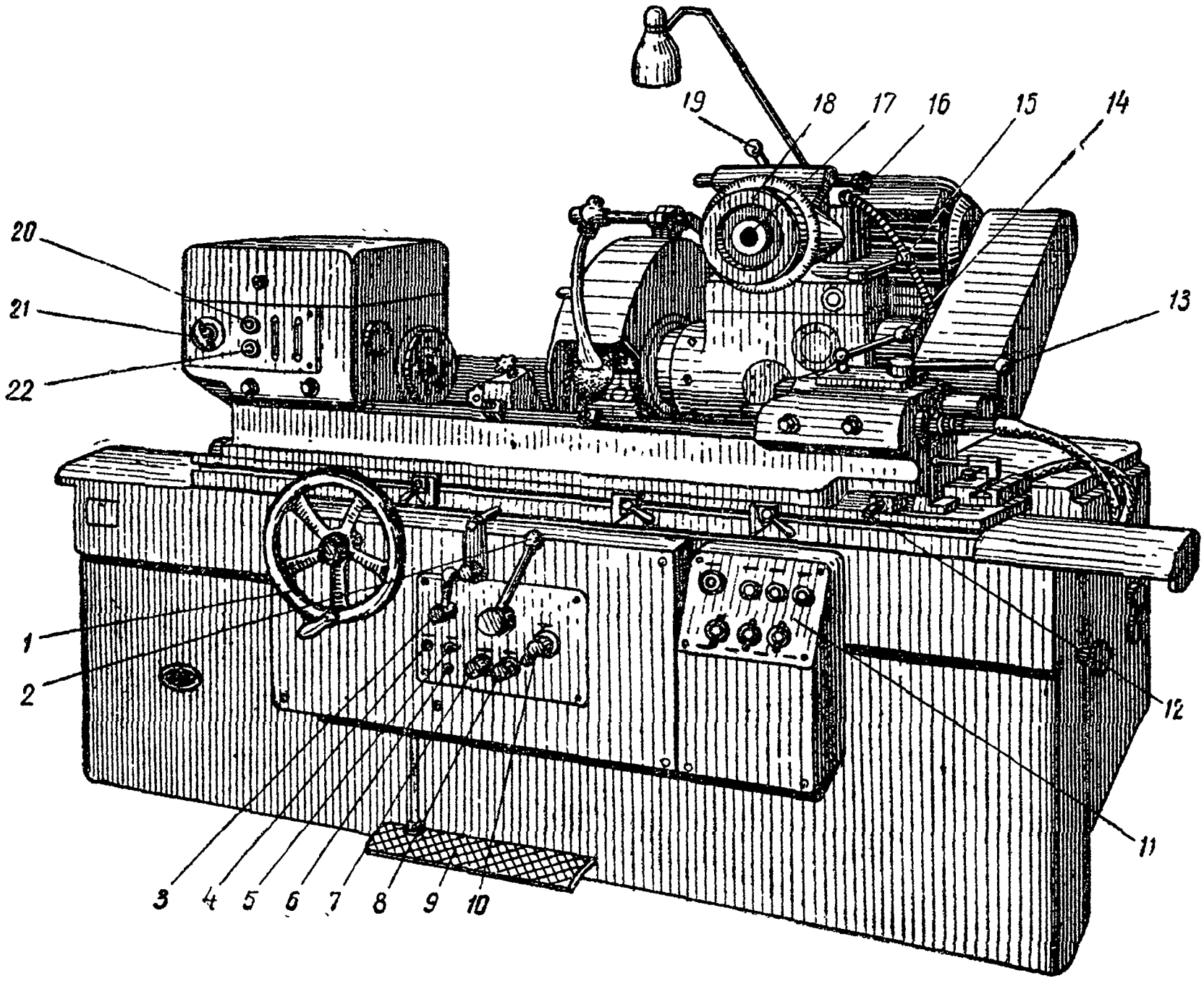
На фиг. 96 показан круглошлифовальный станок модели 3Б151 Харьковского станкостроительного завода. Станок предназначен для шлифования цилиндрических и конических поверхностей. Станина станка состоит из двух частей: передней и задней. По направляющим передней части ее перемещается стол в продольном направлении. Верхняя часть стола поворотная, что дает возможность шлифовать конические детали. Точность поворота стола контролируется индикаторным приспособлением. Шлифуемая деталь устанавливается в центрах передней и задней бабок и приводится во вращение поводком, укрепленным на планшайбе передней бабки. Станок гидрофицирован. С помощью

* Описание станка составлено по проспекту Харьковского станкостроительного завода, выпущенному в 1962 г.

гидравлической системы осуществляются следующие движения:

а) продольное возвратно-поступательное перемещение стола;

б) автоматическая поперечная подача шлифовального круга;



Фиг. 96. Круглошлифовальный станок модели 3Б151:

1 — маховичок ручного перемещения стола; *2* — рукоятка быстрого подвода шлифовальной бабки и пуска гидравлического перемещения стола; *3* — рукоятка перемещения стола в положение правки круга; *4* — дроссель реверса стола слева направо; *5* — переключение периодической подачи; *6* — дроссель изменения скорости стола при правке круга; *7* — переключение стола со шлифования на правку; *8* — дроссель реверса стола справа налево; *9* — педаль для гидравлического отвода пиноли задней бабки; *10* — дроссель регулирования задержки стола при движении справа налево; *11* — пульт управления; *12* — винт поворота верхнего стола; *13* — рукоятка отвода пиноли задней бабки; *14* — рукоятка зажима пиноли задней бабки; *15* — рукоятка включения механизма осциллирующего движения шпинделя шлифовального круга; *16* — регулирование величины поперечной подачи; *17* — маховичок ручной поперечной подачи; *18* — маховичок установки лимба ручной подачи; *19* — рукоятка включения храпового механизма периодической подачи; *20* — кнопка пуска вращения детали; *21* — рукоятка скорости вращения детали; *22* — кнопка выключения вращения детали.

в) ускоренный подвод и отвод шлифовальной бабки;

г) отвод пиноли задней бабки (управление от ножной педали);

д) автоматическое выключение механизма ручного перемещения стола при выключенной гидравлической подаче.

Краткая техническая характеристика станка модели 3Б151

Наибольшая длина шлифования, *мм*	630
Наибольший диаметр шлифования, *мм*	200
Высота центров над столом, *мм*	110
Наибольший угол поворота верхнего стола:	
по часовой стрелке	3°
против часовой стрелки	10°
Размеры шлифовального круга, *мм*	600×63×305
Наименьший диаметр шлифовального круга, *мм*	450

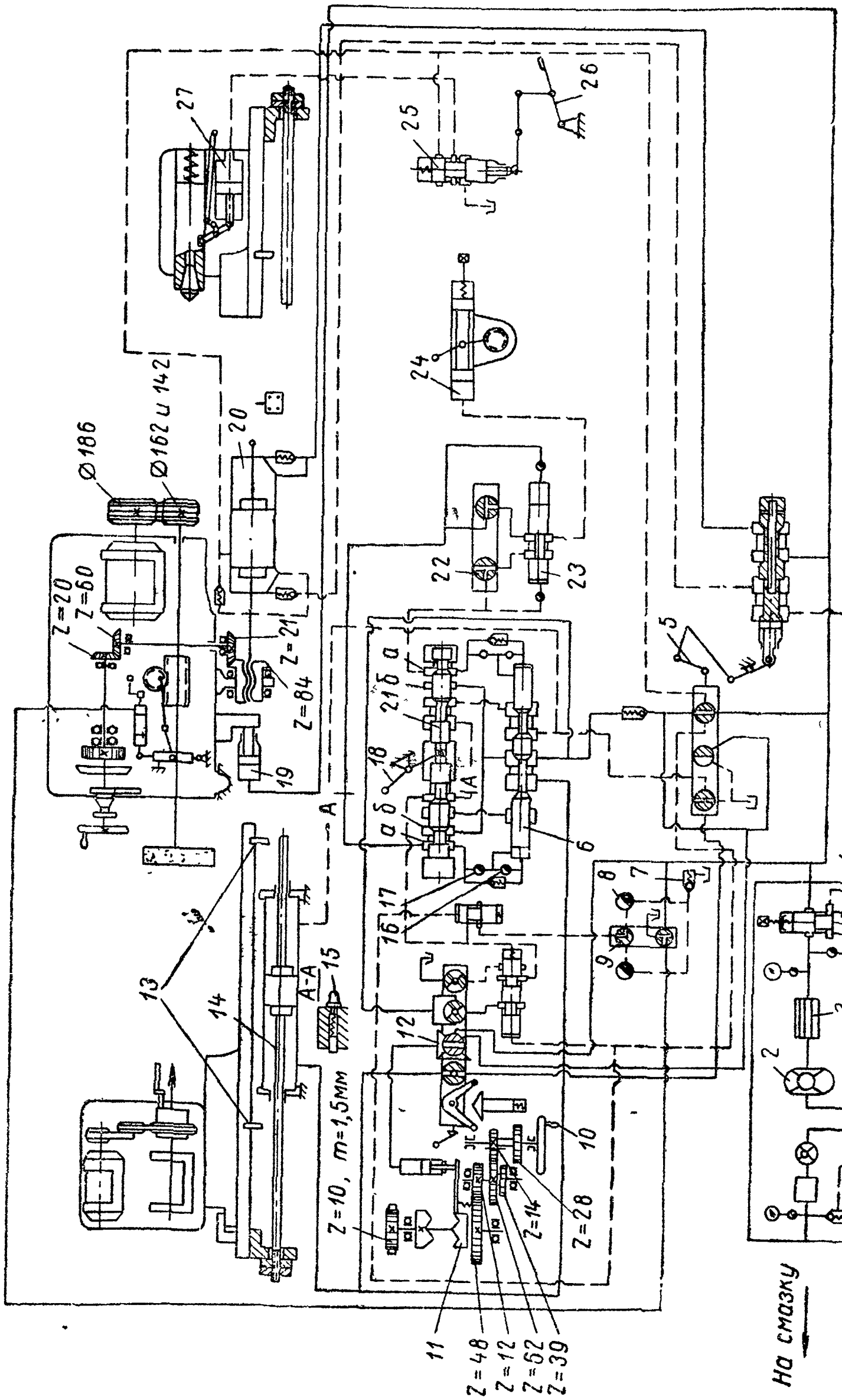
Рассмотрим работу важнейших узлов станка.

Продольное перемещение стола. Продольное перемещение стола (продольную подачу) получают гидравлически или вручную. Рассмотрим, каким образом гидравлическая система станка выполняет продольную подачу стола. Гидравлическая система (фиг. 97) приводится в действие насосной установкой, состоящей из сдвоенного лопастного насоса *2*, приводимого в движение от электродвигателя ($N=1{,}7$ *квт*, $n=930$ об/мин.), пластинчатого фильтра *3*, разгрузочного клапана *4* и масляного резервуара *1*. Насосная установка смонтирована на отдельной плите, укрепленной сзади на тумбе станины станка. Управление гидросистемой станка осуществляется с помощью гидропанели, расположенной в передней части станины.

Пуск стола в продольном направлении выполняется поворотом рукоятки *5* в положение, показанное на фиг. 97. Масло от насосной установки подается к золотнику *6* реверса стола. В зависимости от его положения масло поступает в правую или левую полость гидравлического цилиндра *14*. Из противоположной полости цилиндра масло поступает на слив через каналы гидравлической панели, кран *9*, дроссель *8* и подпорный клапан *7*. С помощью дросселя *8* устанавливается скорость бесступенчатого перемещения стола в пределах от 100 до 6000 *мм/мин*.

Длина хода стола определяется положением упоров *13*, которые закрепляются в Т-образном пазу и поворачивают рычаг *18* реверса. Регулирование паузы стола при реверсировании производится дросселями *16*, а регулирование плавности разгона стола после реверсирования — дросселями *17*. Рычаг *18* реверса стола снабжен вытяжным пальцем *15*, что дает возможность перемещать стол в зону правки, не изменяя положения упоров стола.

Одновременно с включением гидравлического перемещения стола масло поступает также в гидроцилиндр блокировки механизма ручного перемещения стола через кран *12* и выключает муфту *11* этого механизма. При вращении маховичка *10* движение передается на рейку стола через зубчатые колеса. Ручное перемещение стола за один оборот маховичка *10* может быть



Фиг. 97. Гидрокинематическая схема станка модели 3Б151.

медленным или быстрым. Медленная ручная подача за один оборот рукоятки *10* равна

$$1 \cdot \frac{14}{62} \cdot \frac{12}{48} \cdot 3 \cdot 10\pi = 5{,}3 \text{ мм.}$$

Быстрая ручная подача за один оборот рукоятки *10* равна

$$1 \cdot \frac{28}{39} \cdot \frac{12}{48} \cdot 3 \cdot 10\pi = 17 \text{ мм.}$$

Поперечная подача шлифовального круга. Современные круглошлифовальные станки обычно имеют следующие поперечные подачи шлифовального круга:

а) ручное перемещение;

б) автоматическое перемещение при каждом ходе стола;

в) непрерывную автоматическую подачу (при шлифовании врезанием);

г) быстрый подвод и отвод бабки шлифовального круга.

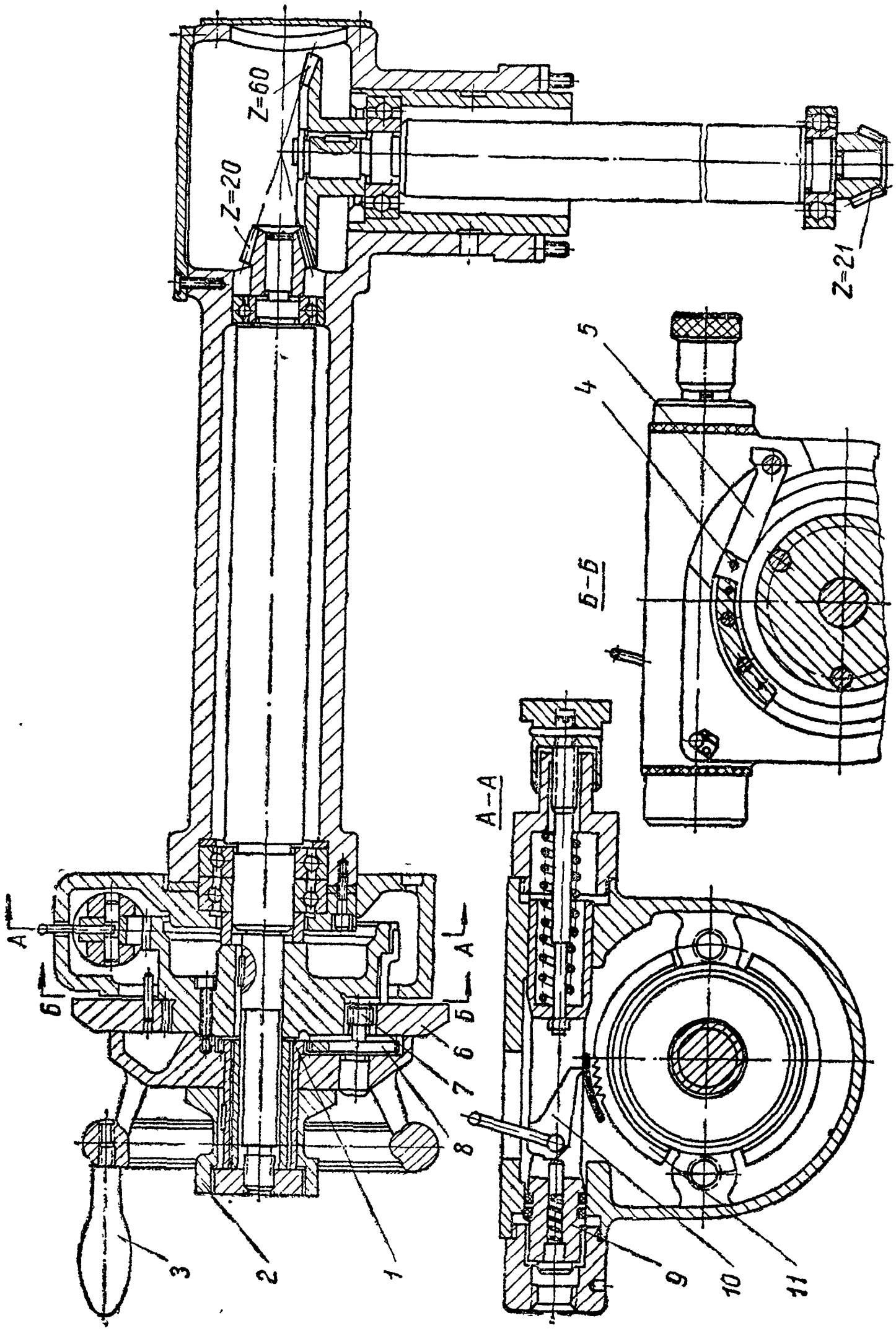
Ручная подача шлифовального круга (фиг. 98 и 97) осуществляется вращением маховичка *3* через две пары конических колес и ходовой винт подачи бабки с шагом 6 *мм*. Напишем кинематическую цепь перемещения:

$$1 \cdot \frac{20}{60} \cdot \frac{21}{84} \cdot 6 = 0{,}5 \text{ мм.}$$

Это значит, что за один оборот маховичка шлифовальная бабка переместится на величину 0,5 *мм*.

Пользуясь лимбом поперечной подачи с ценой деления 0,005 *мм*, можно подавать бабку в зависимости от диаметра шлифуемой детали. При шлифовании партии одинаковых деталей ручная подача производится до упора, который устанавливается по размеру первой детали или по эталону с учетом компенсации износа шлифовального круга. Необходимое расстояние между подвижным упором *4* и неподвижным *5* достигается вращением рукоятки *2*. Эта рукоятка через зубчатые колеса *1*, *8* и *7* приводит во вращение лимб *6*, имеющий зубья внутреннего зацепления для зацепления с колесом *7*. Лимб несет подвижной упор *4*. Соприкосновение подвижного упора с неподвижным соответствует заданному размеру шлифуемой детали.

При шлифовании деталей и правке круга наружный диаметр круга уменьшается, а диаметр шлифуемой детали получается увеличенным по сравнению с заданным. При наличии недопустимого отклонения диаметра детали необходимо откорректировать положение подвижного упора по точно прошлифованной детали.



Фиг. 98. Механизм поперечной подачи станка модели 3Б151.

Механизм периодической автоматической подачи за каждый ход стола состоит из двух узлов: передней панели (разрез по *А—А* на фиг. 98) и золотника периодической подачи (см. фиг. 97). Передняя панель имеет гидравлический цилиндр *9*, внутри которого укреплена собачка *10*. Эта собачка зацепляется с храповым колесом *11*, сидящим на валу маховичка ручной подачи шлифовальной бабки. Величину подачи можно регулировать винтом *12* в пределах 0,0025—0,02 *мм*. Подача на 1 зуб храпового колеса равна

$$\frac{1}{200}\cdot\frac{20}{60}\cdot\frac{21}{84}\cdot 6=0{,}0025 \text{ мм}.$$

При реверсировании стола с помощью расположенного на нем упора происходит перемещение распределительного золотника гидропанели, и масло через кран и золотник периодической подачи под давлением направляется к цилиндру *9*. Поршень с собачкой перемещается, сжимая пружину. Собачка поворачивает храповое колесо, благодаря чему происходит подача шлифовальной бабки.

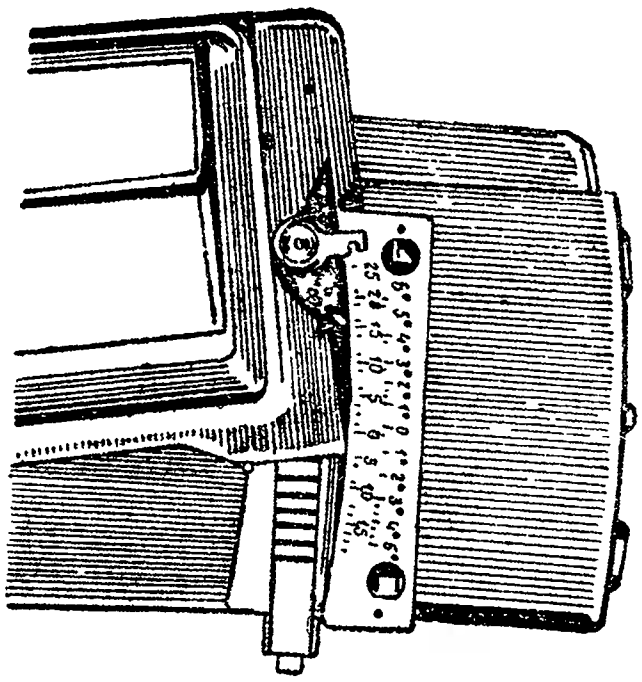
По окончании реверсирования стола золотник периодической подачи перекрывает подвод масла к цилиндру и соединяет его со сливом. Под действием пружины поршень возвращается в начальное положение, вытесняя масло на слив. Так осуществляется подача на каждый двойной ход стола (периодическая). Поясним это с помощью фиг. 97. При переключении золотника *21* в момент реверсирования стола канавки *а* золотника соединяются с канавками *б*, и масло направляется в цилиндр *24* через кран *22* и золотник *23*.

Периодическая подача автоматически выключается, когда на детали остается припуск 0,01 *мм*, и после этого она шлифуется при ручной поперечной подаче.

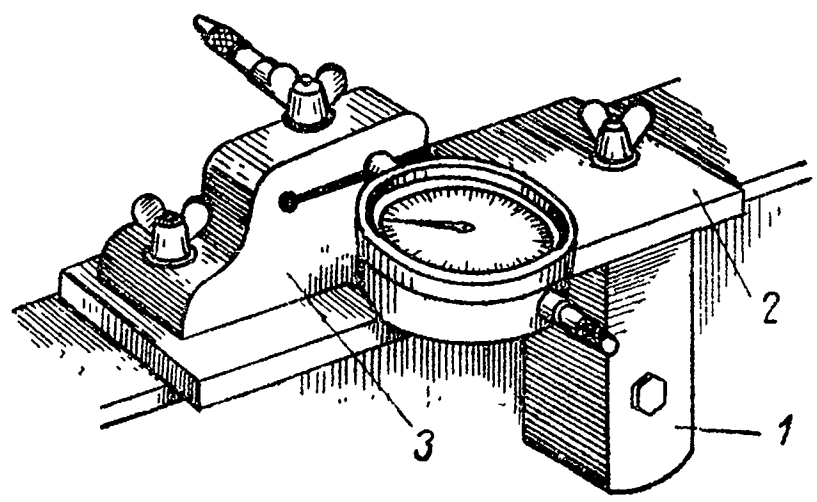
Станок модели 3Б151 не имеет механизма непрерывного автоматического врезания. Быстрый подвод и отвод шлифовального круга осуществляется при помощи гидравлического цилиндра *20*, укрепленного на винте с шагом 6 *мм*. Величина быстрого подвода шлифовальной бабки равна 50 *мм*. Быстрый подвод происходит за 2 сек. Выборка люфта в механизме поперечной подачи между винтом и гайкой осуществляется с помощью гидравлического цилиндра *19*. Шток поршня этого цилиндра во время работы станка постоянно прижат к угольнику, прикрепленному к корпусу шлифовальной бабки. Усилия, действующие на угольник, противоположны направлению подачи шлифовальной бабки.

Для установки верхней части стола при шлифовании конических или цилиндрических деталей справа на столе имеется

механизм поворота с лимбом и указателем (фиг. 99). Пользуясь лимбом и указателем, приближенно устанавливают угол поворота верхней части стола. Для точной установки стола на требуемый угол производят следующее: ослабив зажимы, вращением винта перемещают верхнюю часть стола, а затем закрепляют ее в нужном положении. После этого шлифуют валик с малой глубиной резания. По результатам замера диаметров на концах вала корректируют угол поворота верхней части стола, если это потребуется. После определения необходимого угла поворота стола производят окончательное закрепление зажимов стола и выполняют шлифование.



Фиг. 99. Лимб поворота стола.



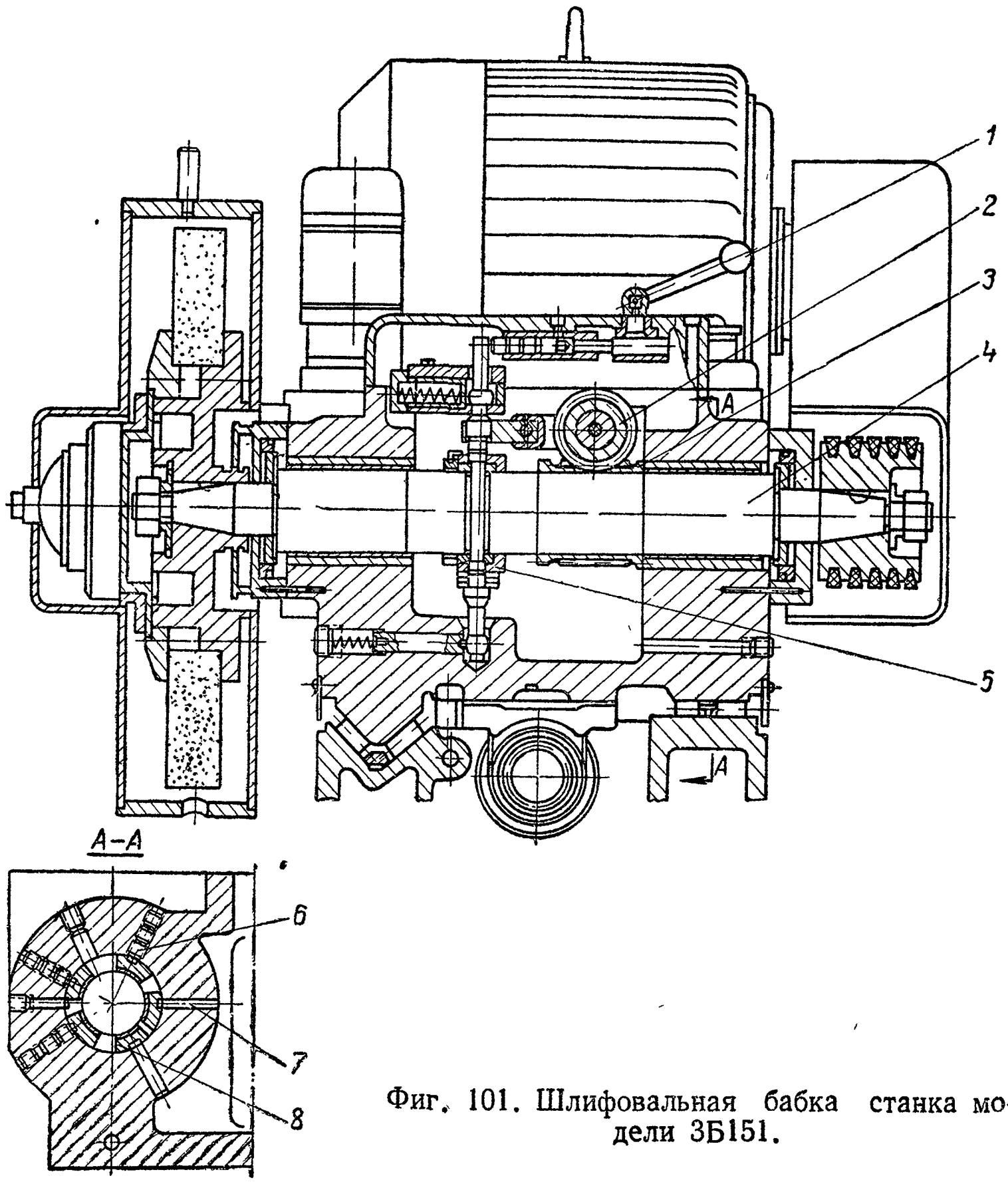
Фиг. 100. Приспособление с индикатором для отсчета угла поворота стола.

Эта выверка может быть произведена с помощью приспособления (фиг. 100), имеющего поворотные части *2* и *3*. Приспособление прикрепляется к нижнему столу станка с помощью сухаря *1*. Измерительный штифт индикатора упирается в боковую поверхность верхнего стола. Посредством поворота частей *2* и *3* устанавливают индикатор в разных положениях по высоте и ширине стола.

Шлифовальная бабка. Привод шлифовального круга почти на всех круглошлифовальных станках осуществляется отдельным электродвигателем, который обычно устанавливается на шлифовальной бабке. Вращение передается шлифовальному кругу клиновидными ремнями.

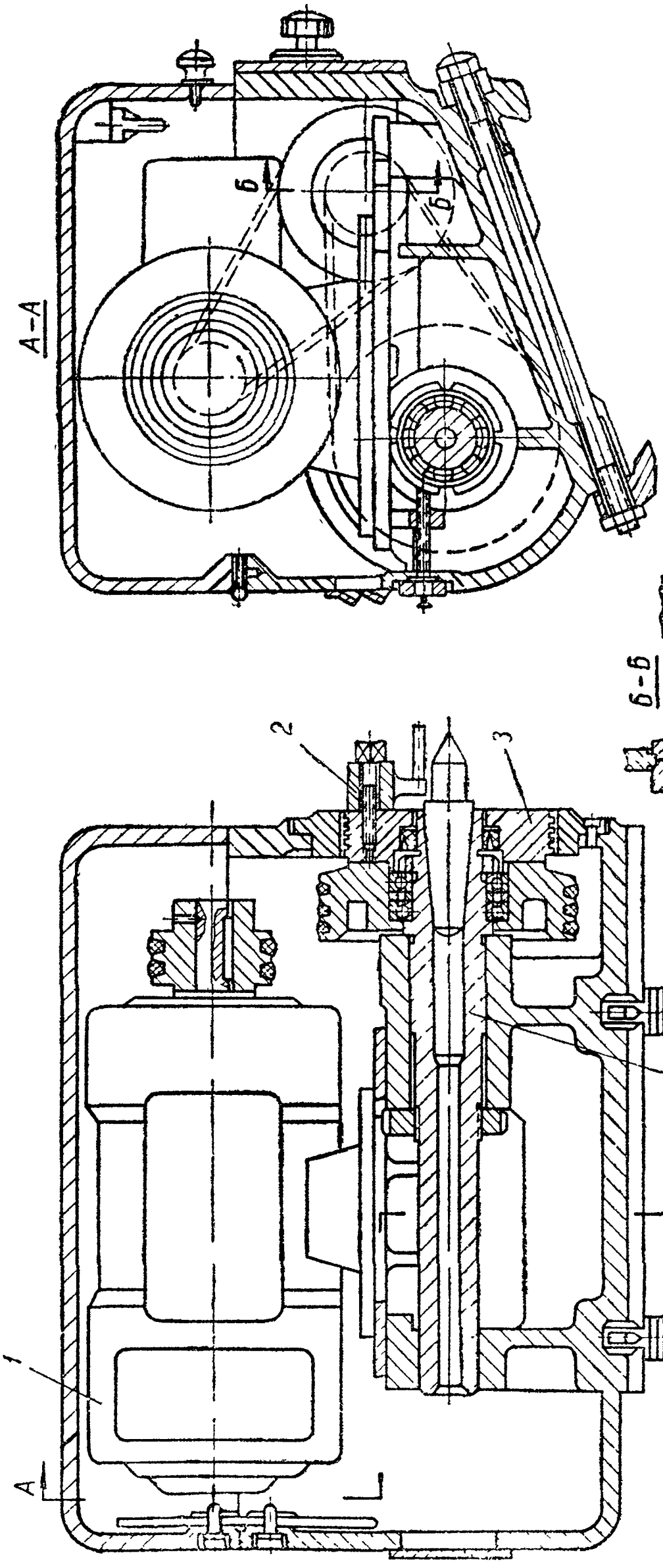
Шпиндель шлифовального круга — одна из наиболее ответственных деталей шлифовального станка. От конструкции шпинделя и его опор зависит точность размеров и форм шлифуемых деталей, а также чистота шлифуемой поверхности. К шлифовальным шпинделям предъявляются особо высокие тре-

бования по жесткости, виброустойчивости, прочности и износостойкости трущихся поверхностей. Шпиндель шлифовального круга устанавливается в подшипниках, смонтированных в корпусе шлифовальной бабки.



Фиг. 101. Шлифовальная бабка станка модели 3Б151.

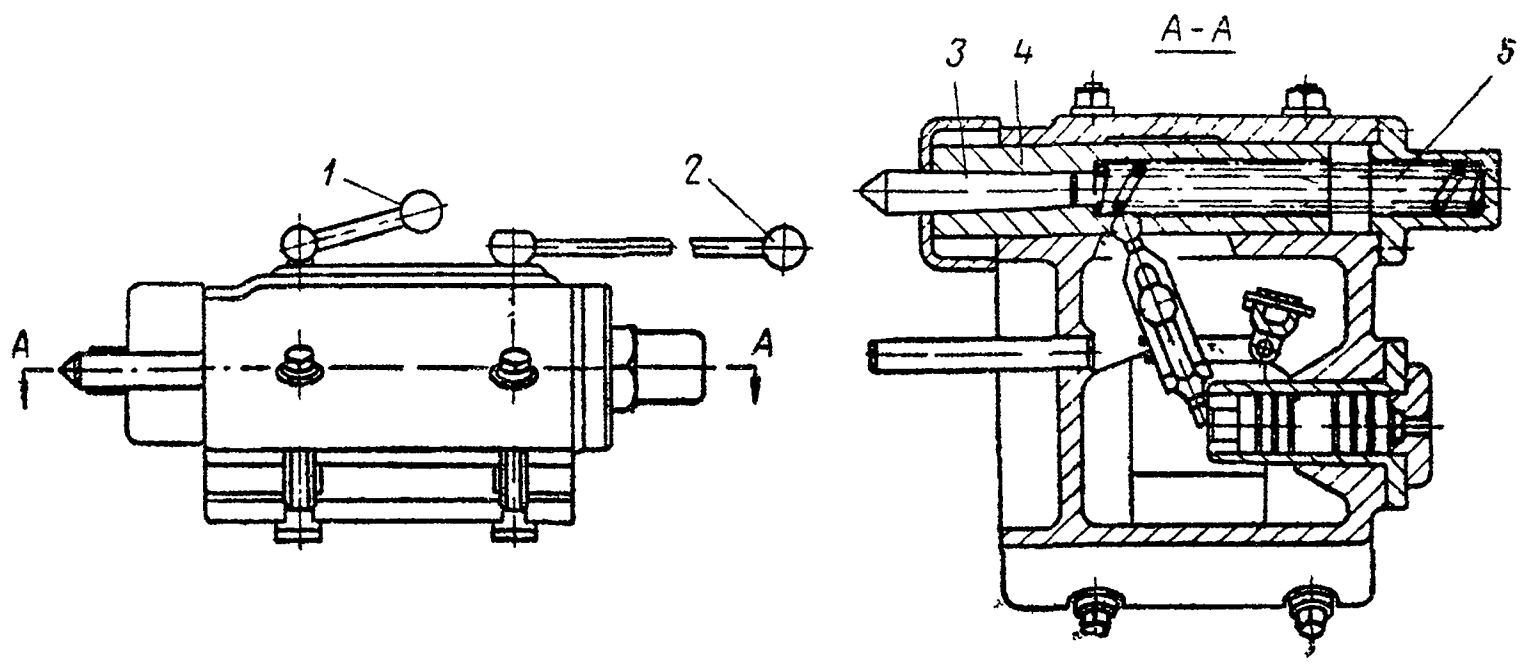
На фиг. 101 показана схема шлифовальной бабки. Шпиндель *4* шлифовального круга получает вращение от электродвигателя ($N=7$ *квт*, $n=980$ об/мин.) с помощью клиноременной передачи. Путем смены шкивов на шпинделе шлифовальной бабки получают более высокие скорости вращения шпинделя при уменьшенном диаметре шлифовального круга вследствие его износа. Корпус шлифовальной бабки смонтирован на роликовых



Фиг. 102. Передняя бабка станка модели 3Б151.

направляющих. Шпиндель бабки уложен в двух подшипниках скольжения специальной конструкции. Они состоят из пяти одинаковых вкладышей *8*, представляющих собой сегменты, охватывающие шейки шпинделя. Два нижних вкладыша закреплены шпильками *7*, запрессованными в отверстия корпуса бабки. Три верхних вкладыша поджимаются винтами *6*. Вкладыши имеют возможность самоустанавливаться при вращении шпинделя с целью образования масляного клина.

Для повышения чистоты шлифуемой поверхности шпинделю сообщают осевое колебательное движение. Оно осуществляется



Фиг. 103. Задняя бабка станка модели 3Б151.

с помощью червяка *3*, сидящего на шпинделе *4*, и винтового зубчатого колеса *2*, находящегося с ним в зацеплении. Шпиндель снабжен буртиками, к которым прижимается хомутик *5*. За первую половину оборота колеса *2* рычаг хомутика *5* и, следовательно, шпиндель перемещается влево, преодолевая сопротивление пружины. За вторую половину оборота колеса *2* шпиндель перемещается пружиной вправо. Шпиндель совершает 40 двойных ходов в минуту. Длина хода регулируется в пределах от 0 до 3,4 *мм*. Включение и выключение этого колебательного движения осуществляется рукояткой *1*.

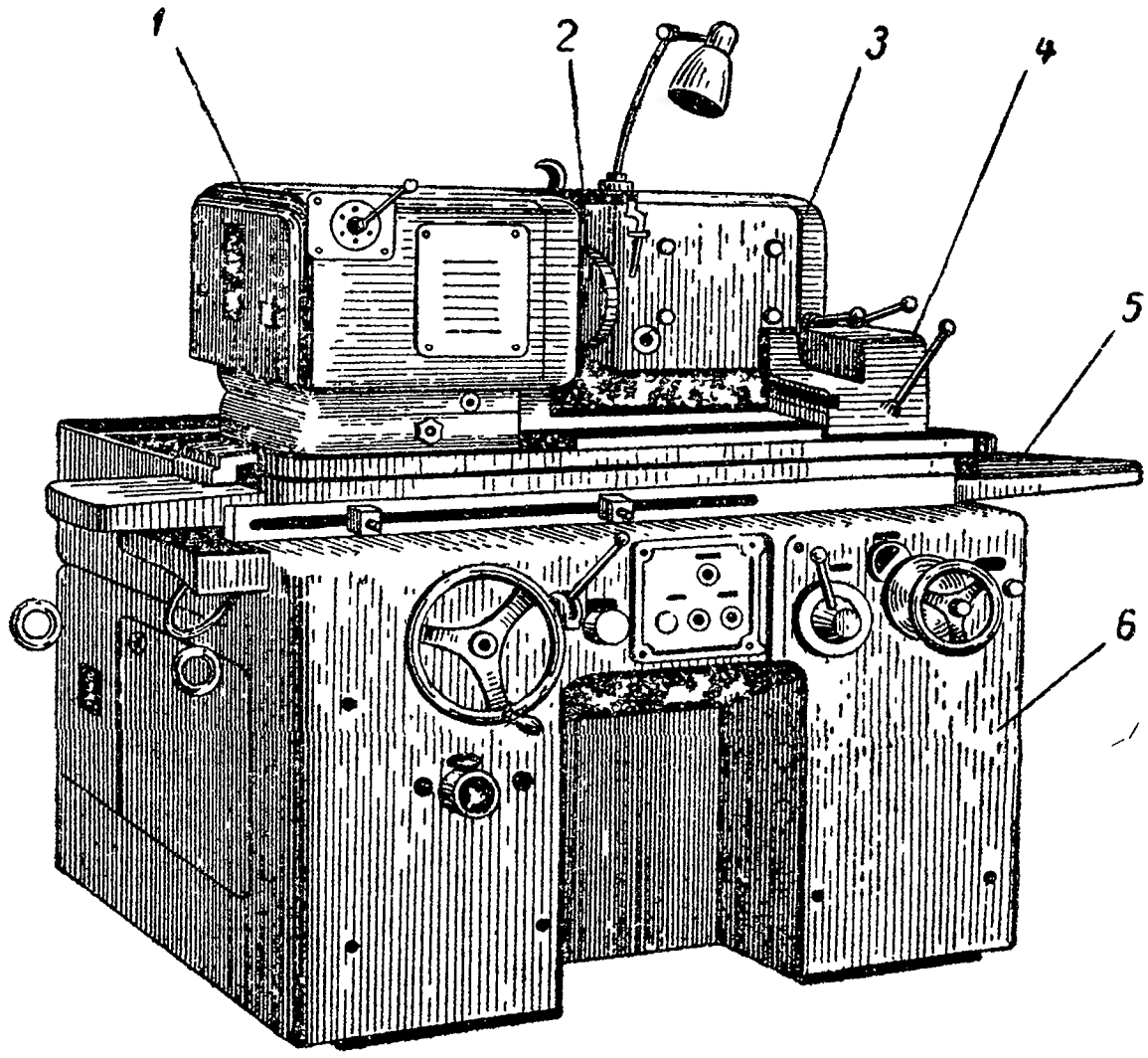
Передняя бабка (фиг. 102). Шпиндель *4* передней бабки неподвижен. Шлифуемая деталь приводится во вращение поводком *2*, прикрепленным к планшайбе *3* электродвигателем *1* (N=0,76 *квт*, n=350÷2500 об/мин.) и двумя клиноременными передачами. Число оборотов шлифуемой детали регулируется бесступенчато в пределах от 63 до 400 об/мин.

Задняя бабка (фиг. 103). Задняя бабка имеет ручной и гидравлический отвод пиноли. В коническое отверстие пиноли *4* устанавливается упорный центр *3*. Шлифуемая деталь прижимается пружиной *5*. Отвод пиноли осуществляется рукояткой *2*,

а зажим ее рукояткой *1*. Гидравлический отвод пиноли задней бабки выполняется только при отведенной шлифовальной бабке. Отвод ее производится ножной педалью *26*, связанной системой рычагов с золотником *25*, к цилиндру *27* задней бабки (см. фиг. 97).

§ 3. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫЙ СТАНОК МОДЕЛИ 312М

Универсальный круглошлифовальный станок модели 312М (фиг. 104) предназначен для наружного и внутреннего шлифования цилиндрических и конических поверхностей, а также для шлифования торцовых поверхностей. Шлифуемые детали уста-



Фиг. 104. Универсальный круглошлифовальный станок модели 312М:

1 — передняя бабка; *2* — шлифовальный круг; *3* — шлифовальная бабка; *4* — задняя бабка; *5* — стол; *6* — станина.

навливаются в центрах передней и задней бабок или в патроне передней бабки. Шлифование конических поверхностей выполняется путем поворота передней бабки или верхнего поворотного стола. Продольное перемещение стола и поперечное перемещение шпиндельной бабки автоматизированы. Эти движения осуществляются автоматически, но они могут производиться также и вручную.

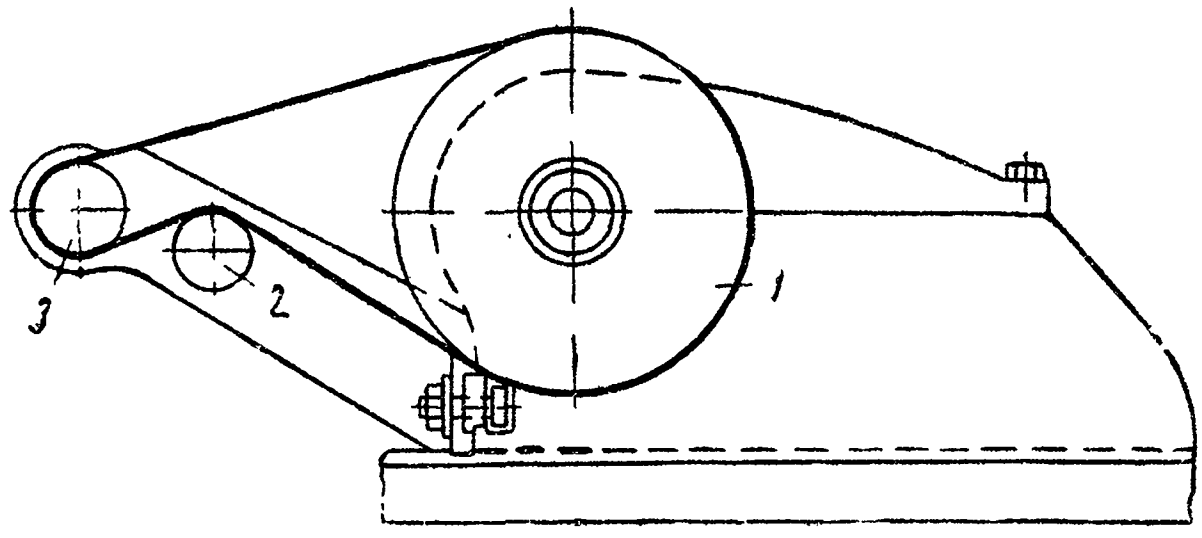
Краткая техническая характеристика станка модели 312М

Наибольший диаметр шлифования, *мм*	200
Рекомендуемый диаметр шлифования, *мм*:	
наименьший	7
наибольший	40
Диаметр шлифуемых отверстий, *мм*:	
наименьший	25
наибольший	50
Наибольшая длина шлифуемого отверстия, *мм*	75
Расстояние между центрами, *мм*	500
Наибольшее перемещение стола, *мм*	590
Пределы скоростей гидравлического перемещения стола, *м/мин*	0,2—6
Угол поворота стола	±6°
Наибольший диаметр шлифовального круга, *мм*	300
Число оборотов шлифовального круга, об/мин	2500
Наибольшее перемещение шлифовальной бабки, *мм*	215

§ 4. ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ДЛЯ ВНУТРЕННЕГО ШЛИФОВАНИЯ

Универсальные круглошлифовальные станки снабжаются специальным приспособлением для внутреннего шлифования.

На фиг. 105 показана схема установки такого приспособления на станке 3А12 Харьковского станкостроительного завода.



Фиг. 105. Схема установки приспособления для внутреннего шлифования.

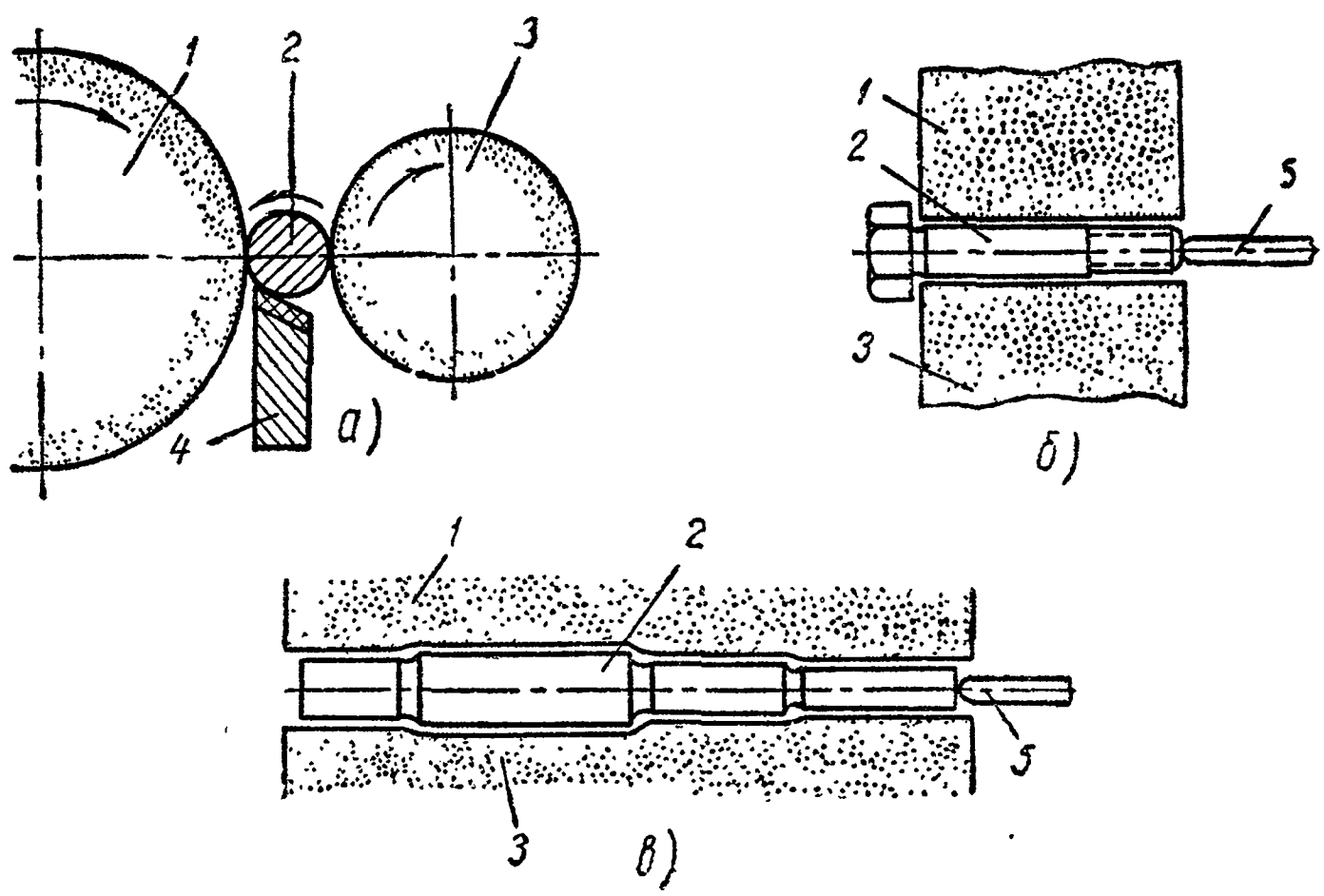
Приспособление крепится на шлифовальной бабке, имеющей в передней стенке корпуса Т-образный паз для головок болтов. Приспособление похоже на кронштейн с длинной втулкой, в которой на шарикоподшипниках вращается шпиндель для внутреннего шлифования. Вращение шлифовальному кругу (при внутреннем шлифовании) передается от шкива *1* через натяжной ролик *2* и шкив *3*, сидящий на шпинделе шлифовальной головки. Число оборотов шпиндельной головки равно 5850—

9500 об/мин. Продольная и поперечная подачи осуществляются так же, как и при наружном шлифовании.

При шлифовании глубоких отверстий применяются удлинители, которые вставляются в коническое отверстие шлифовального шпинделя. На конце такого удлинителя устанавливают шлифовальный круг.

§ 5. БЕСЦЕНТРОВЫЙ ШЛИФОВАЛЬНЫЙ СТАНОК МОДЕЛИ 3Г180

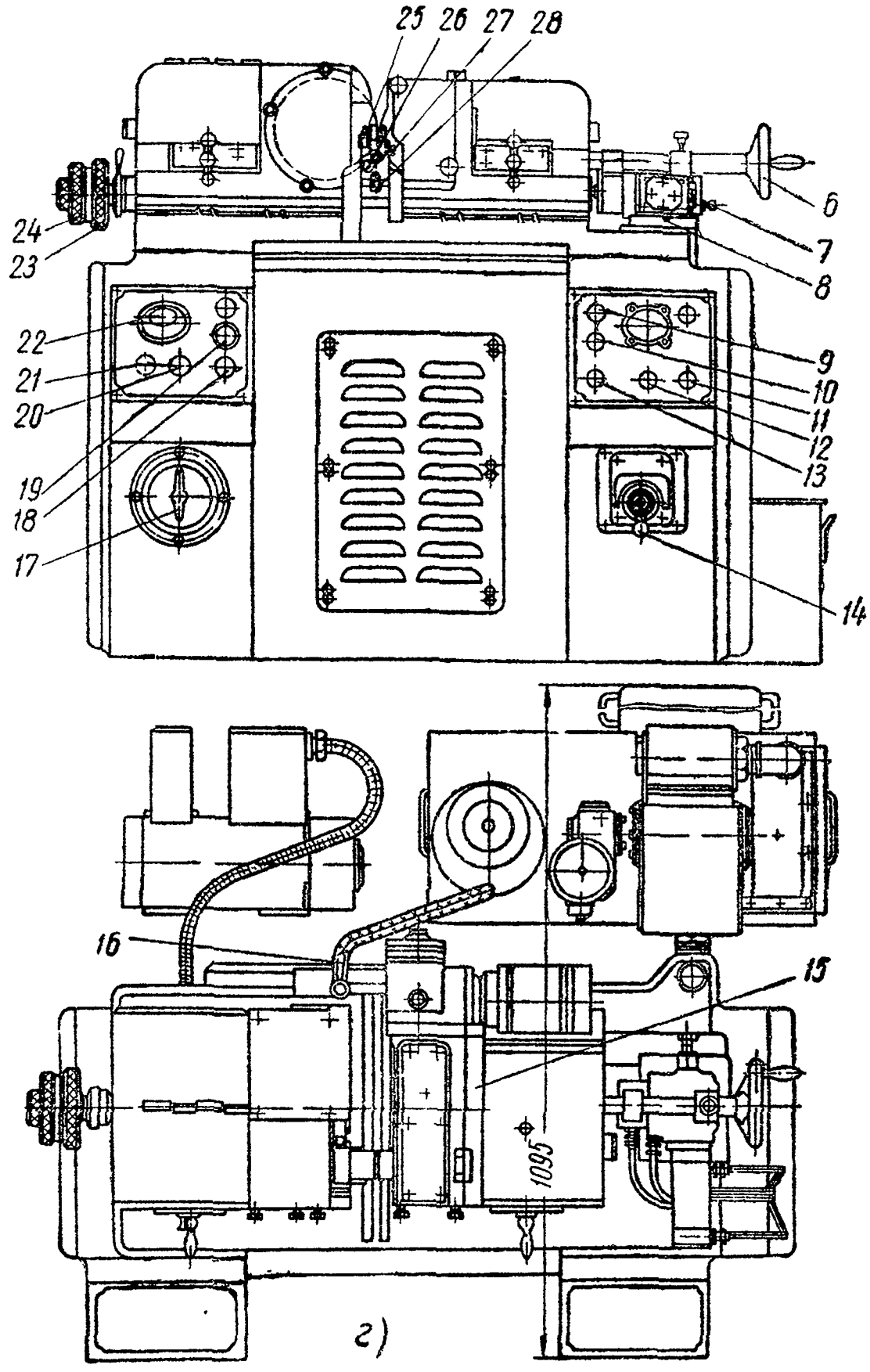
Принцип бесцентрового шлифования. Сущность бесцентрового шлифования наружных поверхностей состоит в том, что деталь помещается между двумя кругами, из которых один — шлифующий — производит обработку детали, а другой — веду-



Фиг. 106. Схема обработки деталей на бесцентровом шлифовальном станке на проход (*а*) и врезанием (*б*, *в*):
1 — шлифовальный круг; *2* — шлифуемая деталь; *3* — ведущий круг; *4* — поддерживающий нож; *5* — упор и выбрасыватель.

щий — осуществляет вращение детали (круговую подачу) и ее продольное перемещение. Шлифуемый и ведущий круги вращаются с различными скоростями, причем скорость шлифуемого круга (30—40 *м/сек*) примерно в 75—80 раз больше скорости ведущего (10—50 *м/мин*). Шлифуемая деталь *2* лежит между кругами *1* и *3*, опираясь на нож *4* (фиг. 106, *а*).

Для перемещения детали вдоль оси, т. е. для сообщения ей продольной подачи, ведущий круг *1* устанавливается под не-



Фиг. 106, *г*. Схема бесцентрового шлифовального станка модели 3Г180:

6 — маховик перемещения бабки ведущего круга; *7* — винт упора механизма врезания; *8* — дроссель регулировки скорости перемещения копира; *9* — кнопка «Шлифовальный круг»; *10* — кнопка «Ведущий круг»; *11* — кнопка «Все стоп»; *12* — кнопка «Врезание»; *13*—кнопка «Круги стоп»; *14* — рукоятка регулятора скорости механизма врезания; *15* — винты зажима ведущей бабки; *16* — кран охлаждения; *17* — вводной переключатель; *18* — переключение положений цикла «Автомат, полуавтомат на проход»; *19*—кнопка «Гидропривод»; *20* —рукоятка реле времени; *21* — переключатель чисел оборотов на правку; *22* — рукоятка регулятора чисел оборотов ведущего круга; *23*—маховик ускоренного перемещения шлифовальной бабки; *24* — лимб микрометрической подачи шлифовальной бабки; *25* — винт регулирования направляющих щек; *26* — винт установки щек; *27* — винт крепления ножа; *28*—винт крепления суппорта.

большим углом (1—6°) по отношению к шлифующему кругу *3*, благодаря чему он играет роль подающего механизма при шлифовании.

Существует два способа бесцентрового шлифования наружных поверхностей: шлифование на проход и шлифование врезанием. Первым способом (фиг. 106, *а*) шлифуют обычно гладкие детали, без выступов, при непрерывной подаче их между кругами. Вторым способом можно шлифовать детали, имеющие по длине разные диаметры (фиг. 106, *б*), а также фасонные детали. При втором способе детали устанавливают между кругами так, чтобы шлифование производилось сразу по всей их длине (фиг. 106, *в*).

Главным преимуществом бесцентрового шлифования является его высокая производительность, превышающая в несколько раз производительность центровых круглошлифовальных станков. Это достигается благодаря высоким режимам шлифования и сокращению времени на установку, проверку и снятие деталей. Кроме того, отпадает необходимость в центрировании деталей, что позволяет уменьшить припуск на шлифование, так как деталь центрируется по обрабатываемой поверхности. Повышенный режим шлифования возможен благодаря надежной опоре детали на нож и на ведущий круг.

Применение широких кругов на бесцентровых круглошлифовальных станках позволяет значительно уменьшить число проходов при шлифовании с продольной подачей деталей, т. е. снимать большие припуски, а при шлифовании врезанием допускает обработку длинных деталей или одновременно нескольких деталей. Таким образом, увеличение высоты шлифовального круга обеспечивает увеличение производительности обработки.

На фиг. 106, *г* показан общий вид бесцентрового шлифовального станка модели 3Г180 Витебского станкостроительного завода им. Кирова (при описании станка использован проспект завода). Станок служит для наружного шлифования деталей с цилиндрическими, коническими и фасонными поверхностями в условиях серийного и массового производства. На станке можно шлифовать детали до и после термической обработки из чугуна, стали, цветных металлов и их сплавов, а также из различных неметаллических материалов (стекла, текстолита, пластмассы и т. д.).

Рассмотрим кинематическую и гидравлическую схемы станка модели 3Г180. Кинематическая схема приведена на фиг. 107.

Бабка шлифовального круга. Вращение шпинделя шлифовального круга *9* — главное движение — осуществляется от электродвигателя *1* посредством передачи клиновидным ремнем с диаметрами шкивов 80 и 60 *мм*. Число оборотов шлифоваль-

Техническая характеристика станка модели 3Г180

Диаметр шлифования, *мм*:	
наибольший	4
наименьший	0,15
Наибольшая длина при врезном шлифовании для наибольшего диаметра, *мм*	45
Наибольшая длина шлифования в нормальном приспособлении, *мм*	80
Наибольшая длина шлифования в специальном приспособлении, *мм*	1000
Диаметр шлифовального круга, *мм*:	
наибольший	175
наименьший	130
Высота шлифовального круга, *мм*	32—50
Бабка шлифовального круга:	
наибольшее перемещение, *мм*	30
поперечная подача за один оборот маховика, *мм/об*	3
поперечная подача на одно деление, *мм*	0,002
Диаметр ведущего круга, *мм*:	
наибольший	125
наименьший	100
Бабка ведущего круга:	
наименьшее перемещение, *мм*	15
угол поворота оси круга	4—6°

ного круга равно $2860\ \frac{80}{60}$ =3820 об/мин. Шлифовальная бабка имеет ускоренное и микрометрическое перемещение. Ускоренное перемещение осуществляется путем поворота маховичка *12*, медленное микрометрическое — вращением грибка *13*. Правка шлифуемого круга осуществляется вручную с помощью маховичков *10* и *11*. Для правки применяют алмазный карандаш.

Бабка ведущего круга. Шпиндель ведущего круга *8* получает вращение от электродвигателя *2* постоянного тока с бесступенчатым регулированием числа оборотов через червячную передачу $\frac{4}{16}$.

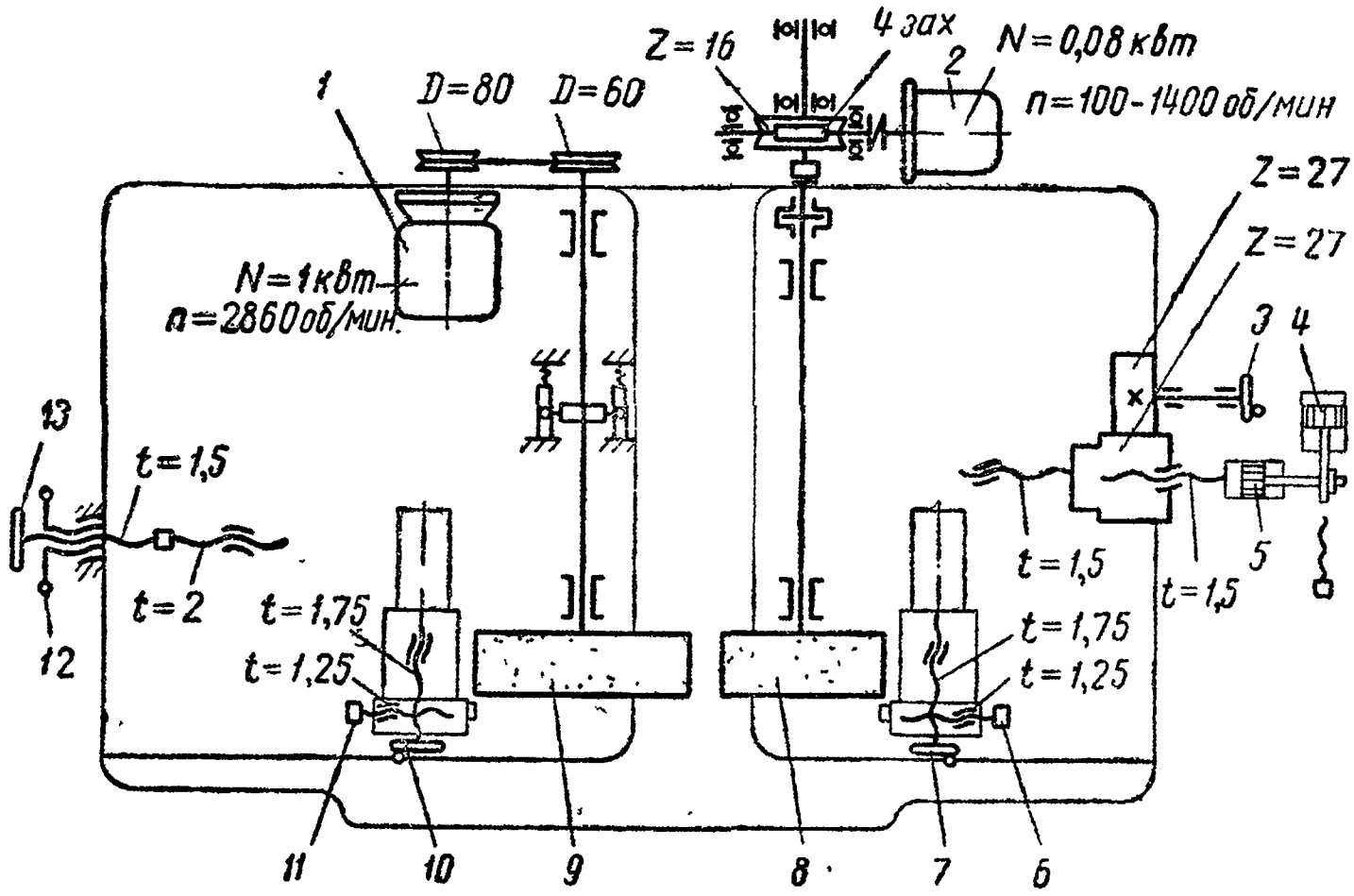
Число оборотов ведущего круга изменяется также бесступенчато от 25 до 350 об/мин. Механизм врезания ведущего круга состоит из гидроцилиндра *4* быстрого отвода и подвода бабки и гидроцилиндра врезания *5*. Установочное перемещение ведущей бабки выполняют маховичком *3* через пару зубчатых колес $\frac{27}{27}$ и дифференциальный винт. Механизм правки ведущего круга по своей конструкции не отличается от механизма правки шлифовального круга. Правка производится вручную с помощью маховичков *6* и *7*.

На фиг. 108 показана гидравлическая схема станка. С по-

мощью гидравлики в станке осуществляются следующие движения:

1) рабочая подача бабки ведущего круга;
2) быстрый подвод и отвод бабки ведущего круга;
3) выталкивание прошлифованной детали;
4) смазка подшипников бабки шлифовального круга.

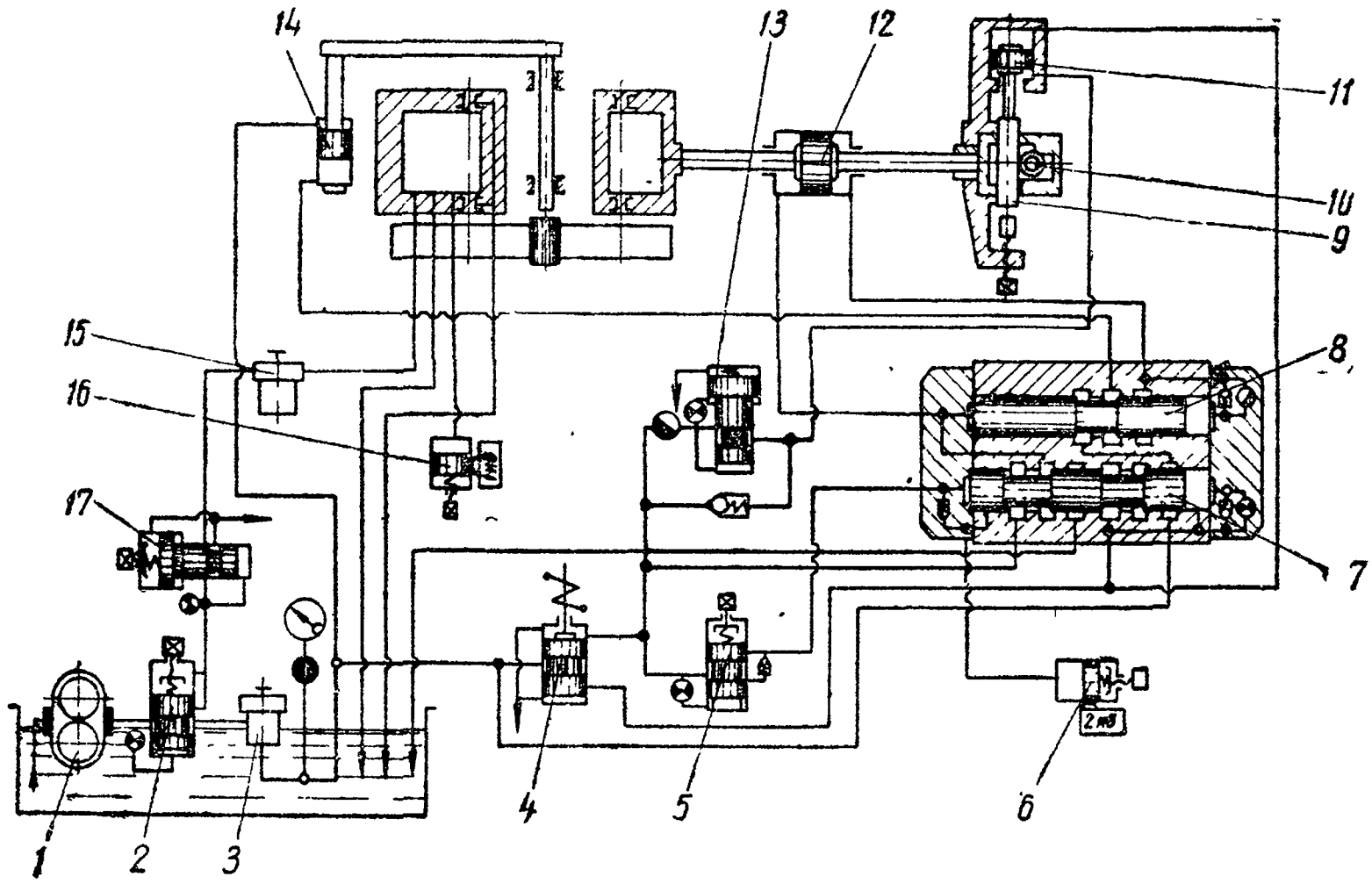
Рабочая подача ведущего круга. С помощью электромагнита включают четырехходовый золотник *4*. Масло под давлением



Фиг. 107. Кинематическая схема бесцентрового шлифовального станка 3Г180.

от шестеренчатого насоса *1* ($p = 5$ *ат*; $Q = 5$ *л/мин*) направляется через напорный золотник *2*, фильтр *3* и золотник *4* в правую полость золотника *7*, перемещая его в крайнее левое положение. Через проточки в панели управления и золотник *8* масло поступает в правую полость золотника *12*. Одновременно масло поступает в поршневую полость золотника *11*, поршень которого перемещает копир *9* механизма врезания до упора, контактируя с роликом *10*. Из штоковой полости цилиндра золотника *11* масло вытекает через дроссель и регулятор *13*, посредством которого регулируется скорость врезания, и через четырехходовый золотник *4* на слив. Отработанное масло из золотника *12* направляется в панель управления, а оттуда через золотник *4* — на слив. По окончании процесса шлифования срабатывает реле времени и выключает электромагнит четырехходового золотника *4*, и начинается быстрый отвод бабки ведущего круга.

Быстрый отвод бабки ведущего круга. От насоса *1* через золотник *2*, фильтр *3* и золотник *4* масло поступает в штоковую полость цилиндра золотника *11* и через панель управления в левую полость цилиндра золотника *12*. Таким образом осуществляется быстрый отвод бабки ведущего круга и отвод копира в исходное положение. Одновременно масло поступает в левую полость цилиндра золотника *8* и перемещает его вправо. Выталкивание прошлифованной детали происходит путем подачи масла в поршневую полость золотника *11*.



Фиг. 108. Гидравлическая схема станка 3Г180.

В то время как поршень достигнет верхнего положения, давление в магистрали возрастет, и масло через напорный золотник с обратным клапаном *5* поступит в левый торец золотника *7* и переместит его вправо. Благодаря этому масло из цилиндра золотника *12* потечет через панель управления на слив, одновременно с правой стороны в золотник будет поступать масло. Произойдет быстрый подвод бабки ведущего круга: ролик придет в контакт с копиром. Одновременно масло поступит в правую торцовую полость золотника *8* и переместит его в крайнее левое положение.

Поршневая полость цилиндра выталкивателя *14* соединяется с магистралью, и осуществляется возврат выталкивателя в исходное положение. С приходом золотника *7* в крайнее правое положение открывается отверстие, соединяющее реле давления с магистралью. Давление в системе возрастает до величины на-

стройки пружины реле давления *6*, и через микропереключатель *2КВ* подается команда на повторение цикла.

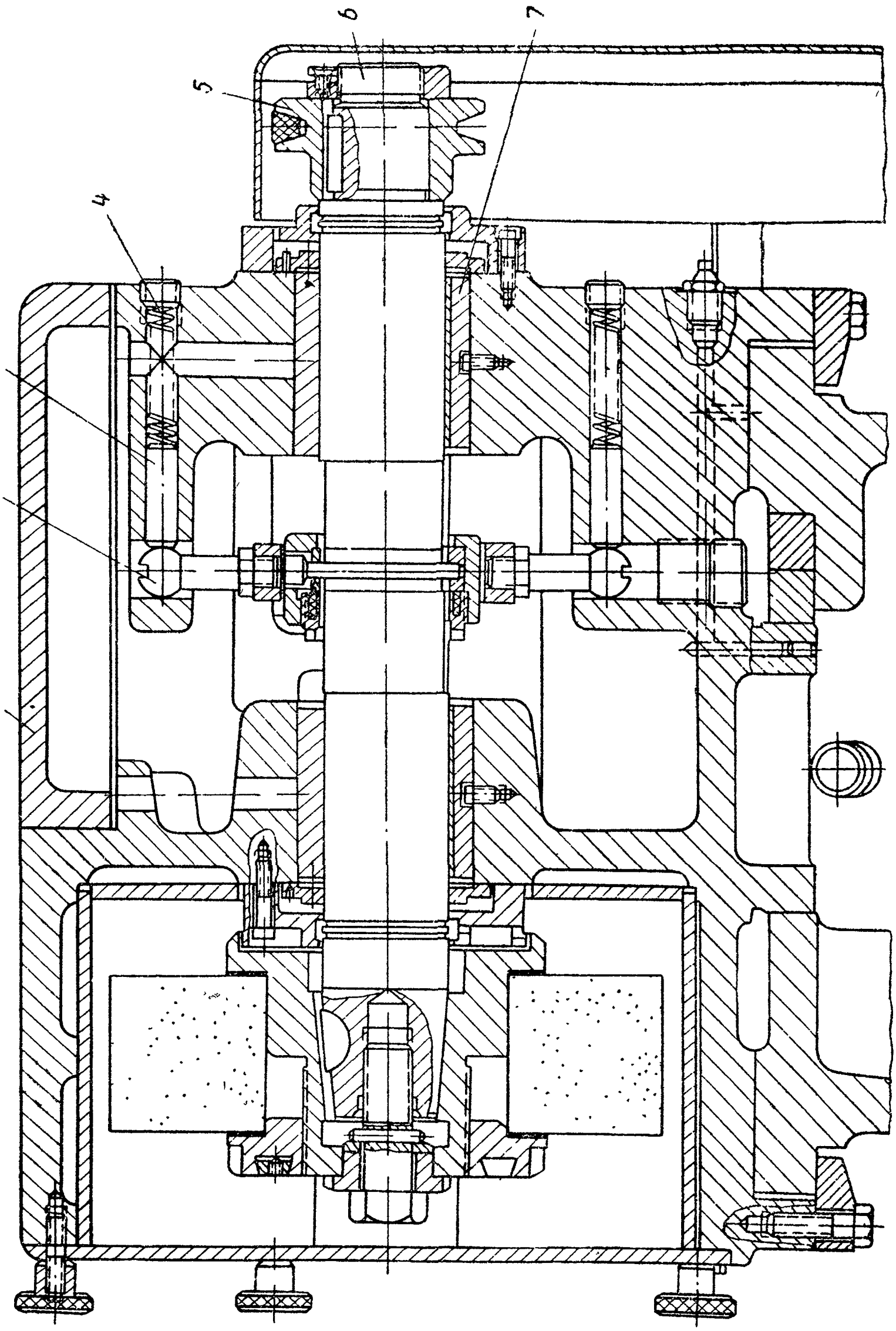
Смазка подшипников шлифовальной бабки. Масло на смазку подшипников поступает от шестеренчатого насоса *1* через напорный золотник *2*, клапан низкого давления *17*, который настраивается на давление 0,2—0,5 *кг/см*^{2}, пластинчатый фильтр *15* в магистраль к подшипникам шпинделя шлифовального круга. Слив масла идет по другой магистрали. Подшипники шлифовальной бабки соединены с реле низкого давления *16*, которое блокирует включение электродвигателя шлифовальной бабки. Только при наличии необходимого давления в подшипниках реле срабатывает и через конечный выключатель *1КВ* включает электродвигатель шпиндельной бабки.

Бабка шлифовального круга (фиг. 109). Корпус шлифовальной бабки *1* представляет жесткую чугунную отливку. В расточках корпуса смонтирован шпиндель *6* шлифовального круга на двух подшипниках скольжения специальной конструкции. Эти подшипники имеют по три одинаковых биметаллических вкладыша *7* в виде отдельных сегментов, облегающих шпиндель. Два неподвижных нижних вкладыша от осевого смещения закреплены винтами. Остальные вкладыши поджимаются винтами. Вкладышам придана такая форма, которая допускает некоторый поворот их во время вращения шпинделя, обеспечивая этим получение масляного клина между поверхностями трения. Регулировка вкладышей производится на заводе-изготовителе и рассчитана на длительное время. При замене изношенных вкладышей новыми регулировку их необходимо производить очень аккуратно.

Шпиндель получает вращение от шкива *5*. Шлифовальный круг установлен на оправке на конце шпинделя. Эта оправка сидит на конической поверхности шпинделя, обеспечивая хорошее крепление и легкое снятие. Осевые усилия, возникающие при шлифовании, от шпинделя *6* передаются на специальные подпятники. Подпятник *2* состоит из хомутика, снабженного шаровыми головками. Для уничтожения люфта шаровые головки поджимаются сухарями *3* с помощью пружины *4*. Смазка подшипников производится под давлением, а контроль ее осуществляется реле давления. Полость шлифовальной бабки герметически закрыта.

§ 6. ВНУТРИШЛИФОВАЛЬНЫЙ СТАНОК МОДЕЛИ 3Б250

Внутришлифовальные станки служат для шлифования отверстий цилиндрической и конической формы. На внутришлифовальных станках некоторых моделей производят шлифование торцовых поверхностей деталей с одной установки.



Фиг. 109. Бабка шлифовального круга станка 3Г180.

Слой металла, снимаемый за один проход при внутреннем шлифовании, очень мал и значительно меньше глубины шлифования при шлифовании наружных поверхностей. Это объясняется тем, что удлиненный и тонкий шпиндель внутришлифовального станка не допускает большого бокового давления, возникающего при шлифовании, а также тем, что размеры самого шлифовального круга небольшие и работает он в более тяжелых условиях, чем круг при наружном шлифовании. По этим причинам применяются и меньшие продольные подачи шлифовального круга.

Шлифование отверстий на внутришлифовальных станках производится двумя способами: при вращающейся детали и при неподвижной детали (на станках с планетарным вращением шлифовального круга). Внутришлифовальные станки, работающие по первому способу, делятся на две группы: станки для патронной работы и станки для бесцентрового шлифования.

Универсальный внутришлифовальный станок модели 3Б250 * (фиг. 110) предназначается для шлифования цилиндрических и конических отверстий. Станок имеет торцешлифовальное приспособление, устанавливаемое на бабке детали. Оно дает возможность шлифовать с одной установки детали ее наружный торец и цилиндрическое или коническое отверстие.

Техническая характеристика станка 3Б250

Диаметр шлифуемого отверстия, *мм*:	
наибольший	200
наименьший	50
Наибольший наружный диаметр детали, *мм*	400
Наибольшая длина шлифования, *мм*	200
Наибольший угол поворота бабки детали	30°
Наибольший продольный ход шпинделя торцешлифовального приспособления, *мм*	245

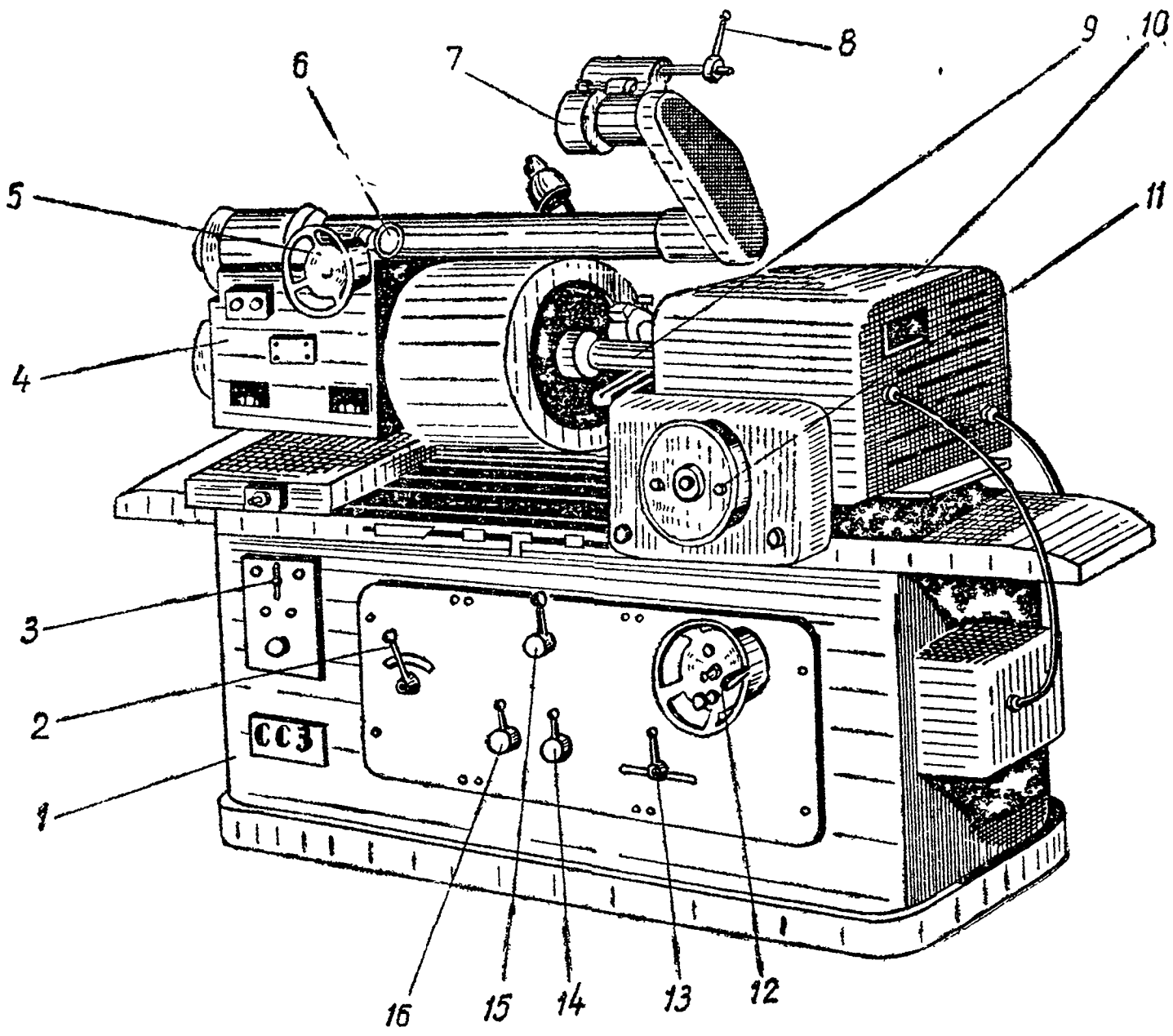
Шлифование деталей на станке 3Б250 осуществляется с помощью следующих движений: вращение шлифовального круга; вращение шлифуемой детали; поперечное перемещение шлифовального круга; продольное перемещение шлифовального круга. Если работа ведется с помощью торцешлифовального приспособления, то необходимо: вращение шлифовального круга; вращение шлифуемой детали и подача шлифовального круга вдоль оси детали.

На фиг. 111 приведена кинематическая схема станка. Разберем взаимодействие его узлов.

---

* *При описании станка использован проспект Саратовского станкостроительного завода, выпущенный в 1960 г.*

Бабка детали. Шпиндель *2* бабки детали получает вращение от электродвигателя *1* мощностью $N=1{,}1$ *квт*, установленного на корпусе ее посредством клиновидных ремней через шкивы диаметрами 120 и 202 *мм*. Электродвигатель *1* постоянного тока допускает бесступенчатое регулирование чисел оборотов от 130 до 1000 об/мин. Это дает возможность регулировать также

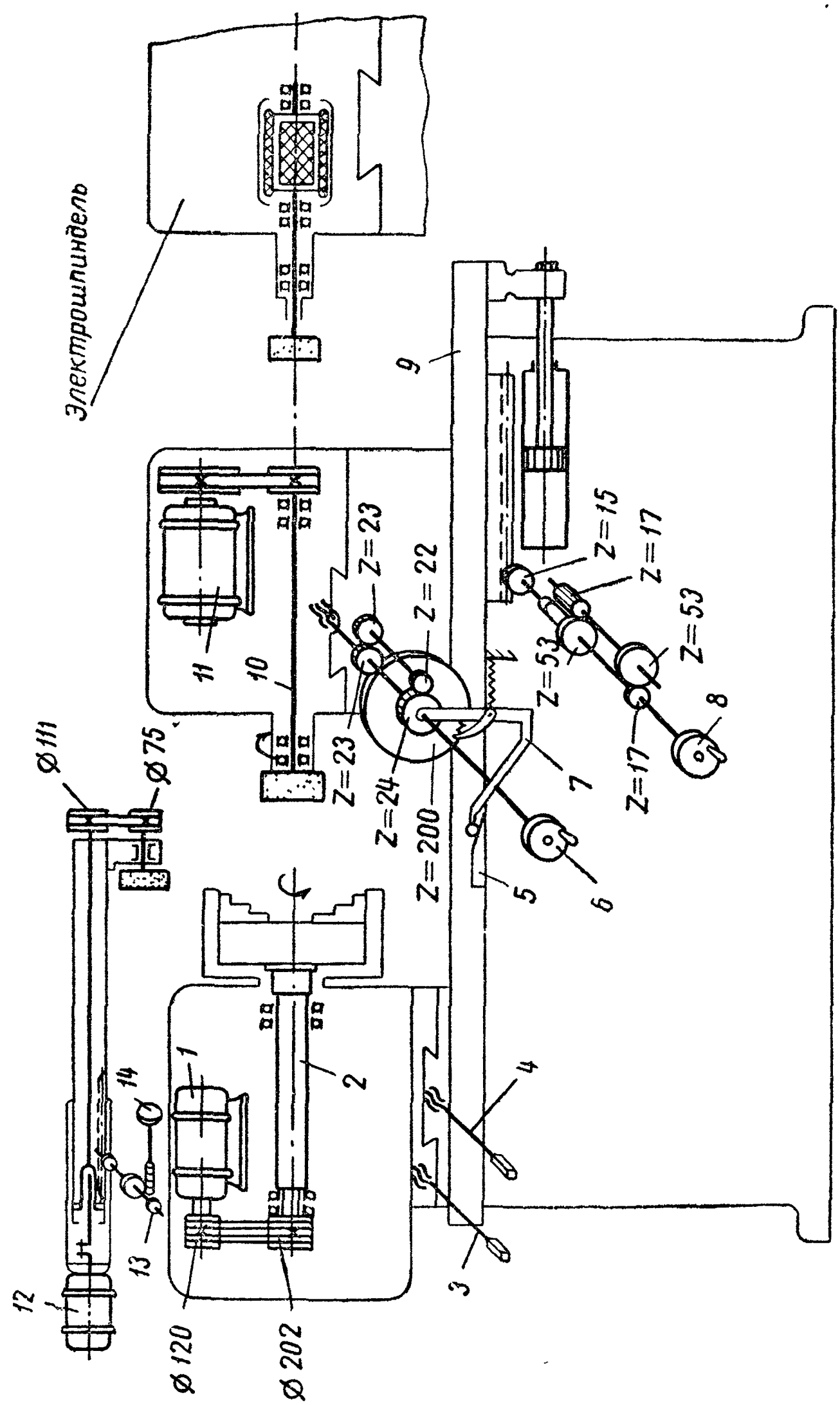


Фиг. 110. Универсальный внутришлифовальный станок модели 3Б250:

1 — станина; *2* — кран подачи охлаждающей жидкости; *3* — переключатель управления шпинделей детали; *4* — бабка детали; *5* — маховичок грубой подачи торцового шлифовального круга; *6* — маховичок тонкой подачи торцового шлифовального круга; *7* — торцешлифовальный шпиндель с кругом; *8* — рукоятка подачи алмаза для правки торцового круга; *9* — шпиндель шлифовального круга; *10* — шлифовальная бабка; *11* — маховичок поперечной подачи шлифовального круга; *12* — маховичок ручного перемещения стола; *13* — рукоятка длительной правки круга; *14* — рукоятка включения и выключения гидропривода стола; *15* — рукоятка изменения скорости движения стола· *16* — рукоятка изменения скорости движения стола при правке круга.

бесступенчато и число оборотов шпинделя бабки от 80 до 600 об/мин. На переднем конце шпинделя устанавливают самоцентрирующий патрон или другое приспособление для закрепления детали. Винтом *4* осуществляется поперечное перемещение (вручную) бабки детали, а винтом *3*— поворот ее на заданный угол конуса.

Вращение шлифовального круга. Шлифовальный круг, установленный на шпинделе *10* шлифовальной бабки, получает вра-



Фиг. 111. Кинематическая схема внутришлифовального станка модели 3Б250.

щение от электродвигателя *11* ($N=4{,}5$ *квт*, $n=2870$ об/мин.) посредством плоского ремня. Изменение чисел оборотов шлифовального круга осуществляется сменой шкивов на валу электродвигателя. Шлифовальная бабка имеет три шлифовальных шпинделя, которые устанавливаются в зависимости от диаметра и длины шлифуемого отверстия. Эти шпиндели имеют шкивы диаметрами: 45, 60 и 80 *мм*. Число оборотов шлифовального круга устанавливается от 4500 до 15000 об/мин. По специальному заказу станок может быть оснащен электрошпинделем на 18000 об/мин. при наличии основного ременного привода. Это дает возможность осуществлять скоростное шлифование отверстий малого диаметра.

Поперечная подача бабки шлифовального круга. Поперечную подачу бабки шлифовального круга необходимо осуществлять после каждого двойного хода стола, чтобы при последующих проходах снимать с внутренней поверхности детали свежие слои металла, равные глубине шлифования. Это перемещение производится верхними салазками суппорта шлифовальной бабки вместе с установленным на ней электродвигателем *11*. Поперечная подача может производиться автоматически или вручную. Ручное перемещение шлифовального круга выполняется поворотом маховичка *6*, связанного с ходовым винтом, имеющим шаг нарезки $t=6$ *мм*.

Рассмотрим, как осуществляется периодическая подача шлифовального круга на глубину резания. Ходовой винт подачи шлифовального круга проходит через втулку, на которой неподвижно закреплено зубчатое колесо, имеющее 23 зуба. На оси, параллельной ходовому винту, сидит свободно блок колес с числами зубьев 23 и 22. Вращение ходовому винту передается следующим образом. При вращении маховичка *6* перемещается ось, несущая колеса с числами зубьев 23 и 22. Колесо, имеющее 23 зуба, катится по неподвижному колесу, имеющему также 23 зуба. Вследствие этого приходит во вращение зубчатое колесо с 24 зубьями. Зубчатая передача, у которой ось может вращаться вокруг неподвижного колеса, называется планетарной передачей. Передаточное отношение всей этой системы зубчатых колес равно

$$i=1-\frac{23}{23}\cdot\frac{22}{24}=\frac{1}{12}.$$

Если маховичок *6* сделает один оборот, ходовой винт повернется только на $^1/_{12}$ часть оборота. Шаг ходового винта равен 6 *мм*, перемещение бабки шлифовального круга за один оборот маховичка *6* будет равно $6\cdot\frac{1}{12}=0{,}5$ *мм*. С маховичком *6* скреплен

храповик, имеющий 200 зубьев и периодически поворачиваемый собачкой. При движении стола станка влево ролик рычага *7* встретит установленный в нужном месте стола упор *5*. Ролик накатится на него и повернет рычаг кверху. При этом собачка, двигаясь вместе с рычагом, войдет в зацепление с храповиком и повернет его вместе с маховичком *6*. Поворот храповика на один зуб соответствует поперечной подаче шлифовального круга на величину

$$\frac{1}{200}\cdot\frac{1}{12}\cdot 6=0{,}0025 \text{ мм}.$$

Другими словами, поворот храповика на один зуб соответствует глубине резания, равной 2,5 *мк*. Величина автоматической поперечной подачи регулируется перекрытием зубьев храповика. Чем больше перекрытие, тем больше холостой угол качания рычага и тем меньше величина подачи. Шлифовальная бабка имеет следующие подачи: 0,0025; 0,005; 0,0075; 0,01 и 0,0125 *мм* за один двойной ход бабки. Это соответствует захвату собачкой 1, 2, 3, 4 и 5 зубьев храпового колеса.

Для многостаночного обслуживания в механизме подачи имеется устройство автоматического выключения поперечной подачи шлифовального круга после снятия заданного припуска в шлифуемом отверстии.

Торцешлифовальное приспособление. Корпус этого приспособления установлен на верхней плоскости корпуса бабки детали. Привод торцешлифовального шпинделя осуществляется от фланцевого электродвигателя *12* ($N=1{,}7$ *квт*, $n=2870$ об/мин.) через клиноременную передачу с диаметрами шкивов 111 и 75 *мм*. Число оборотов шпинделя равно

$$2870\cdot\frac{111}{75}=4250 \text{ об/мин}.$$

Подача шлифовального круга вдоль оси детали осуществляется вручную маховичками *13* и *14*. При вращении за маховичок *13* осуществляется крупная подача — 1 *мм* на одно деление лимба, а при вращении за маховичок *14* осуществляется мелкая подача — 0,01 *мм* на одно деление лимба.

Продольная подача шлифовального круга. При наладке гидропривод стола *9* выключают, и стол перемещают вручную с помощью маховичка *8* через зубчатые колеса с числами зубьев 17, 53, 17, 53, 15 и реечную передачу стола с модулем $m=3$ *мм*. При повороте маховичка *8* на один оборот стол переместится на величину

$$1\cdot\frac{17}{53}\cdot\frac{17}{53}\cdot 15\pi\cdot 3=15 \text{ мм}.$$

Гидравлический привод станка. Гидравлический привод (фиг. 112) дает возможность осуществить:

1) продольное возвратно-поступательное перемещение шлифовальной бабки (стола);

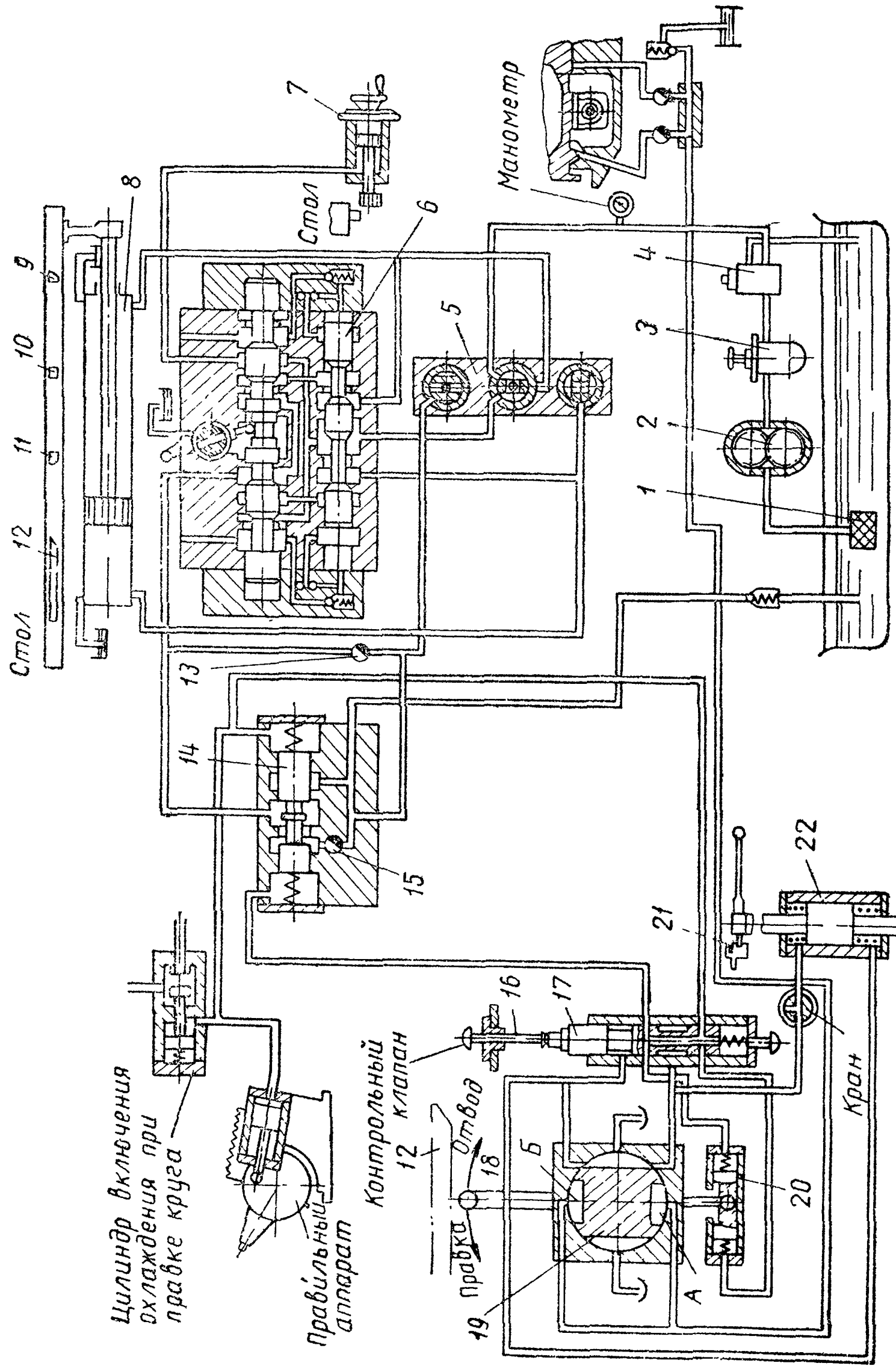
2) пуск, останов, реверсирование, ускоренный подвод и отвод стола;

3) правку шлифовального круга.

Продольное перемещение стола с помощью гидравлических устройств выполняется следующим образом. Масло из резервуара, расположенного в нижней части станины, подается шестеренчатым насосом *2* через приемник *1*, фильтр *3*, напорный золотник *4*, пусковой кран *5* гидравлической панели. Далее через реверсивный золотник *6* и проточки в корпусе панели масло поступает в левую полость цилиндра *8*. Одновременно масло подается к контрольному клапану и механизму *7* ручной подачи стола и выключает его. Стол движется слева направо. Масло, вытесняемое из правой полости цилиндра, пройдя каналы панели, поступает к дросселю *13* и распределительному золотнику *14*, из которого поступает к дросселю *15* и вытекает на слив.

Таким образом, из цилиндра масло проходит одновременно через два параллельно присоединенных дросселя *13* и *15*. Дроссель *13* служит для регулирования скорости стола при правке шлифовального круга, дроссель *15* — для изменения скорости стола при шлифовании. Движение стола слева направо происходит до тех пор, пока кулачок *10* стола не переключит рычаг реверса. После этого масло меняет направление движения и поступает в правую полость цилиндра. Так осуществляется продольное перемещение стола на участке между кулачками *9* и *10*. Реверс стола может быть осуществлен из любого положения поворотом рычага реверса вручную. Скорость движения стола регулируется бесступенчато в пределах 0,3—10 *м/мин*.

Правка шлифовального круга. Прежде всего необходимо установить стол шлифовальной бабки в положение «Правка». Для этого повертывают влево рукоятку *18* контрольного клапана, связанную с поворотным клапаном *19*. При этом масло через полость *А* направится в верхнюю полость цилиндра реверсивной рукоятки *22*, поршень которой опустится, и выступ *21* пройдет мимо кулачка *10*. Стол войдет в зону правки шлифовального круга между кулачками *10* и *11*. При выходе шлифовального круга из отверстия детали планка *12*, прикрепленная к столу, набежит на толкатель *16* и опустит золотник *17* контрольного клапана; масло потечет к правильному аппарату и опустит алмаз в рабочее положение. Одновременно масло подводится под правый торец золотника *14*, который, перемещаясь в крайнее левое положение, перекрывает поток масла, идущего



Фиг. 112. Гидравлическая схема внутришлифовального станка модели 3Б250.

через дроссель *15*. Следовательно, вытесняемое масло может проходить только через дроссель на слив. Регулируя дроссель, изменяем скорость движения стола при правке шлифовального круга.

После одного двойного хода стола планка *12* сходит с толкателя *16*, золотник *17* поднимается вверх и соединяет цилиндр правильного аппарата и правый торец золотника *14* со сливом, и они под действием пружин занимают первоначальное положение. Рукоятка *18* сблокирована с цилиндром *20*. Она удерживается в правом или левом положении до тех пор, пока планка удерживает золотник *17* в нижнем положении. При освобождении золотника *17* рукоятка устанавливается в среднее положение. Стол переходит в зону шлифования.

Быстрый отвод стола. Для быстрого отвода стола необходимо рукоятку повернуть вправо и полость *Б* крана соединить с нижней полостью цилиндра реверсивной рукоятки. Рукоятка поднимется вверх и пропустит все кулачки стола, дав возможность столу отойти в крайнее правое, нерабочее, положение.

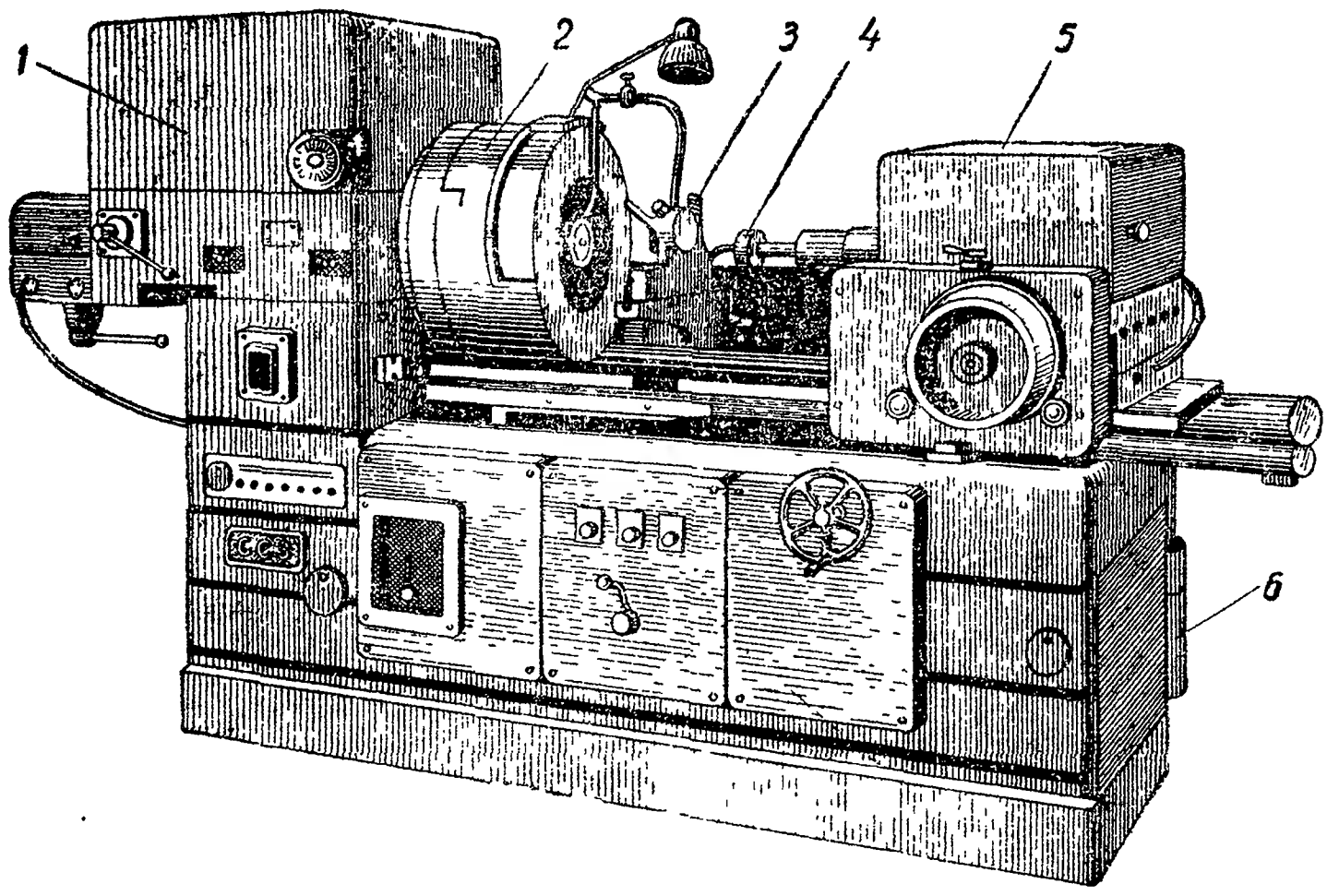
§ 7. ВНУТРИШЛИФОВАЛЬНЫЙ ПОЛУАВТОМАТ МОДЕЛИ 3А251

На фиг. 113 показан общий вид внутришлифовального полуавтомата модели 3А251, предназначенного для шлифования сквозных отверстий диаметром от 50 до 200 *мм* при наибольшей длине 200 *мм*. Станок снабжен гидравлическим приводом продольного перемещения стола, допускающим бесступенчатое регулирование перемещения в пределах от 0,3 до 10 *м/мин*. Число оборотов шпинделя бабки детали также регулируется бесступенчато в пределах от 130 до 500 об/мин. посредством клиноременной передачи с нормальным клиновым ремнем. Диаметр шлифовального круга может быть 40—150 *мм* при наибольшей высоте его 50 *мм*. Число оборотов шпинделя шлифовального круга 3350 и 10 000 об/мин., мощность электродвигателя привода шлифовального круга $N=4{,}5$ *квт*. На этом станке контроль шлифуемых отверстий осуществляется в процессе шлифования с помощью ступенчатых калибров-пробок.

В крупносерийном и массовом производстве широкое применение находит система автоматического управления циклом работы внутришлифовальных полуавтоматов и автоматов с помощью ступенчатых калибров. Калибры укрепляются на конце подвижного штока, проходящего через отверстие в шпинделе бабки детали. Диаметр заднего калибра соответствует размеру готового отверстия, диаметр переднего меньше на величину припуска для чистового шлифования. Цикл работы полуавтомата изображен на фиг. 114.

1. Вращающийся шлифовальный круг быстро подводится к шлифуемой детали.

2. Автоматически включается рабочая продольная подача и начинается черновое шлифование. При движении круга вправо к противоположному торцу детали подводится ступенчатый калибр. При движении круга влево калибр автоматически отводится от торца детали и не мешает шлифованию. Окончание чернового шлифования определяется тем, что диаметр отверстия становится больше диаметра чернового калибра. Послед-



Фиг. 113. Внутришлифовальный полуавтомат модели 3А251:
1 — передняя бабка; *2* — защитный кожух передней бабки; *3* — устройство для правки; *4* — шлифовальный круг; *5* — бабка шлифовального круга; *6* — станина.

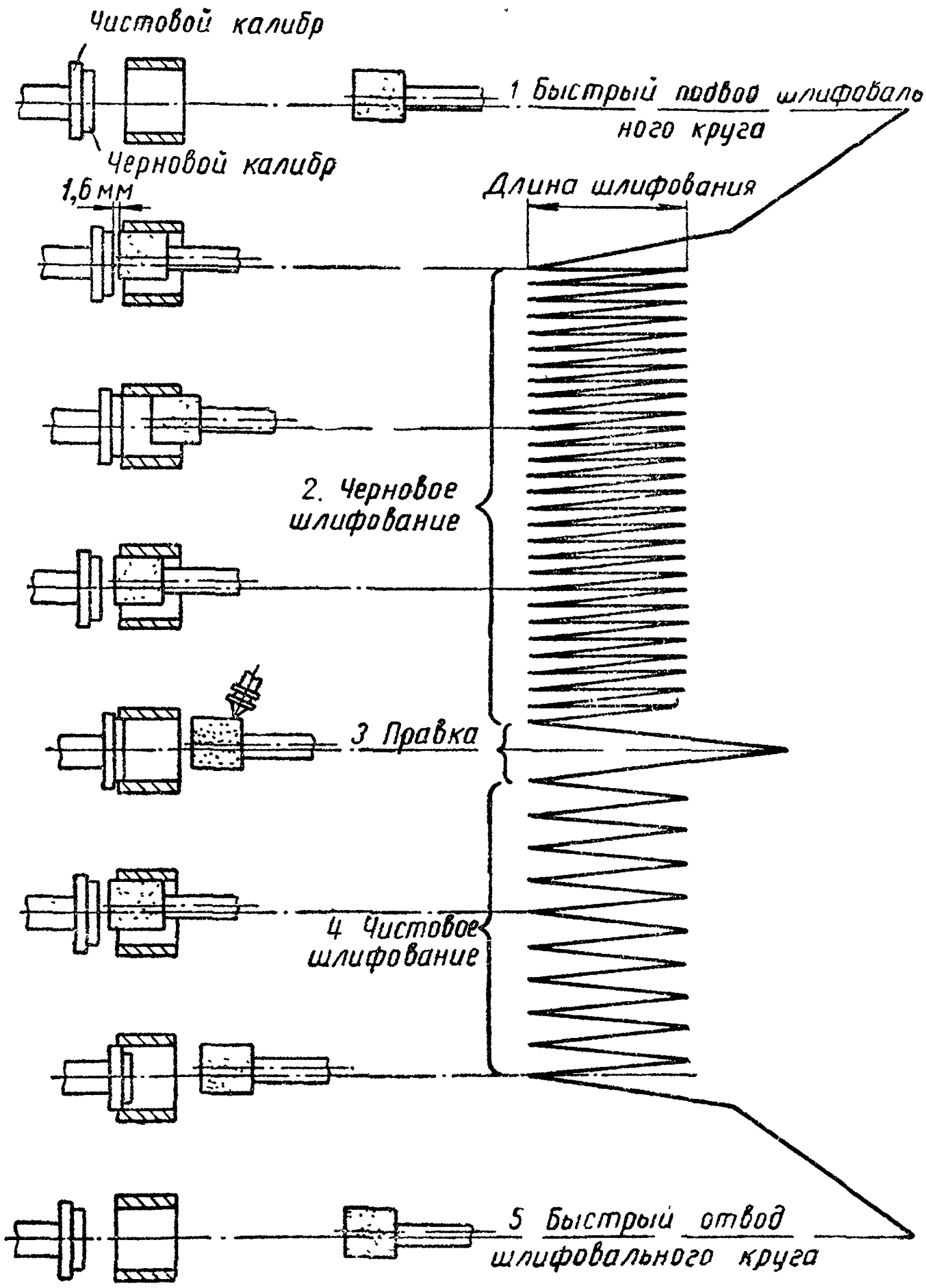
ний входит в отверстие, и с помощью упора, укрепленного на заднем конце штока, будет подана команда на вывод и правку круга.

3. Происходит правка круга, быстрый подвод круга к шлифуемой детали и переключение на рабочую подачу.

4. Производится чистовая обработка с уменьшенной поперечной подачей. Так же как и при черновом шлифовании, за каждый двойной ход шлифовального круга диаметр отверстия контролируется второй (чистовой) ступенью калибра. Окончание процесса чистового шлифования определяется тем, что чистовой калибр входит в отверстие, и бабка шлифовального круга отводится.

5. Бабка шлифовального круга возвращается в исходное положение, станок выключается.

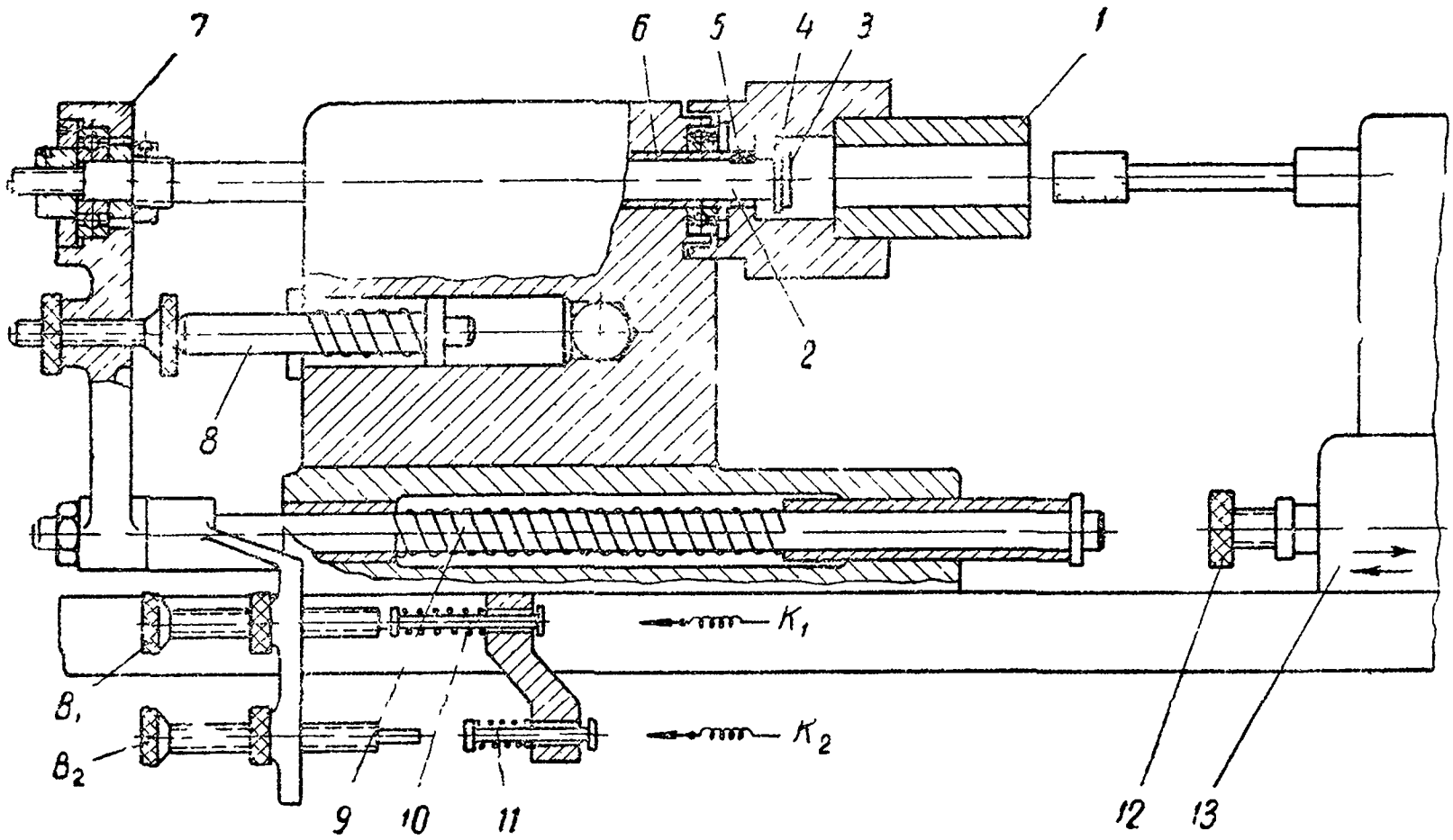
В полуавтоматических станках рабочий удаляет готовую деталь, устанавливает новую заготовку и включает станок.



Фиг. 114. Цикл работы внутришлифовального полуавтомата модели 3А251.

Цикл повторяется. В автоматических станках после отхода бабки круга в исходное положение включается механизм загрузки станка, который удаляет обработанную деталь, устанавливает очередную заготовку, и цикл автоматически повторяется.

На фиг. 115 показана принципиальная схема измерительной системы полуавтомата. Шлифуемую деталь *1* зажимают в патроне, в шпиндель *6* вводят шток *2*, на котором сидят черновой калибр *3* и чистовой *4*. Шпонкой *5* вращение от шпинделя передается калибрам. Левый конец штока калибров соединен с кареткой *7*. Калибры отводят от шлифовального круга с помощью упора *12*, находящегося на шлифовальной бабке *13*. Шлифовальный круг выходит за задний торец детали приблизительно на $^1/_3$ ширины круга. Стол реверсируется, круг движется впра-



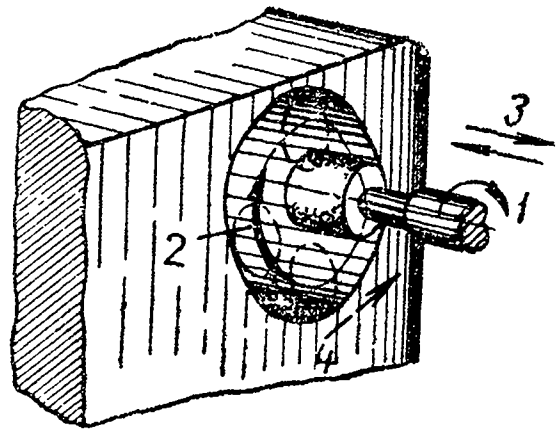
Фиг. 115. Схема измерительной системы полуавтомата.

во, пружиной *9* упор *12* подается вправо, а калибры стремятся войти в шлифуемое отверстие. Требуется несколько двойных ходов, чтобы черновой калибр зашел в отверстие. Как только черновой калибр войдет в отверстие, винт B_1 нажимает на подпружиненный стержень *10*, который, перемещаясь вправо, замыкает контакт K_1, дающий команду на переключение станка с режима чернового шлифования на чистовое и правку шлифовального круга. Начинается чистовое шлифование, в конце которого калибр *4* заходит в отверстие, при этом винт B_2 нажимает на подпружиненный стержень *11*. Переместившись вправо, винт B_2 замыкает контакт K_2, выключающий станок. Шлифовальный круг выходит из прошлифованного отверстия, а калибр отводится влево штоком *8* гидравлического устройства.

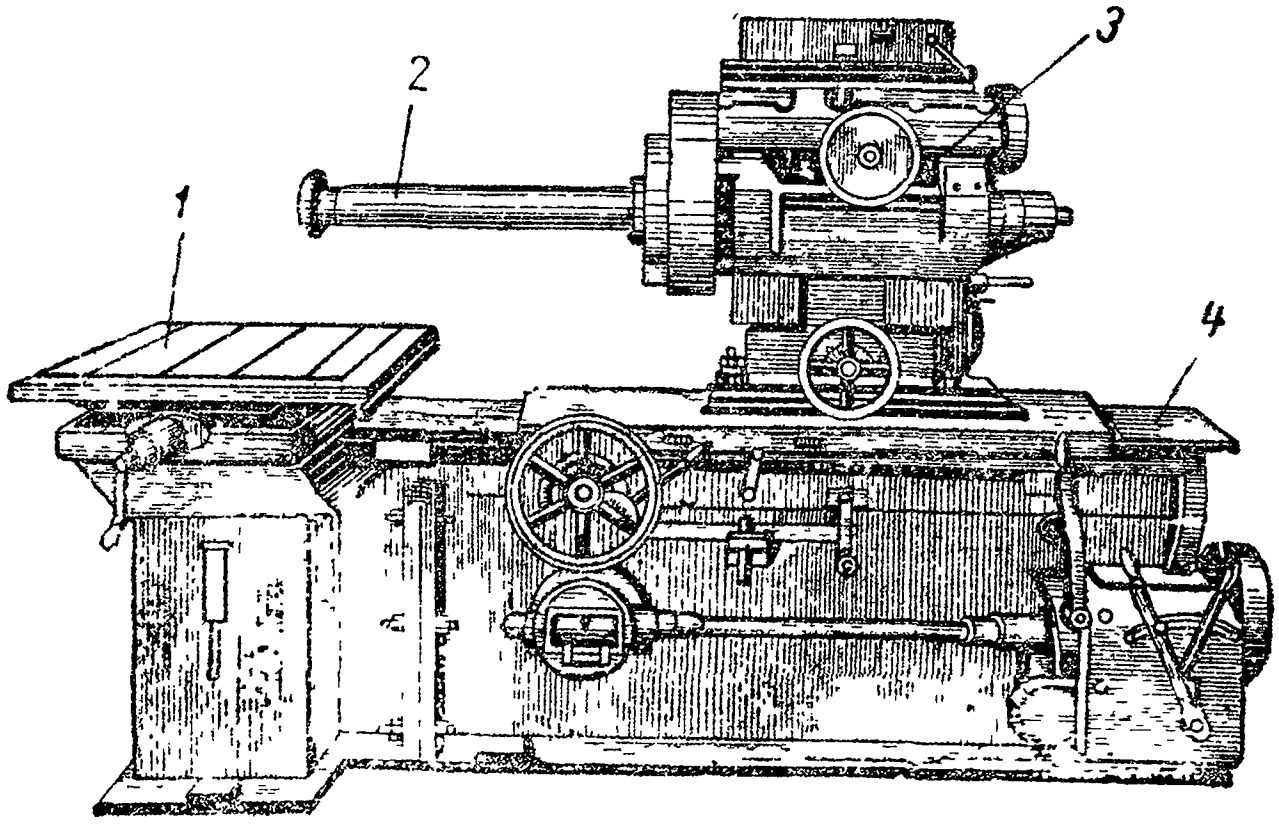
§ 8. ВНУТРИШЛИФОВАЛЬНЫЙ СТАНОК С ПЛАНЕТАРНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ШПИНДЕЛЯ

Планетарные внутришлифовальные станки строятся для обработки отверстий диаметром от 25 до 1500 *мм* и длиной до 3000 *мм*. На таких станках шлифуемая деталь неподвижна, а все необходимые движения сообщаются шпинделю шлифовального круга.

На фиг. 116 представлена схема внутреннего шлифования при неподвижной детали. Шлифовальный круг *1* совершает быстрое вращение вокруг собственной оси, которая, в свою очередь, также вращается в направлении стрелки *2*. Чтобы шлифовальный круг мог прошлифовать отверстие по всей длине, ему сообщается возвратно-поступательное движение вдоль оси по стрелке *3*. Чтобы при каждом проходе шлифовальный круг снимал новые слои металла, он получает поперечную подачу на глубину резания в направлении стрелки *4*.



Фиг. 116. Внутреннее планетарное шлифование.

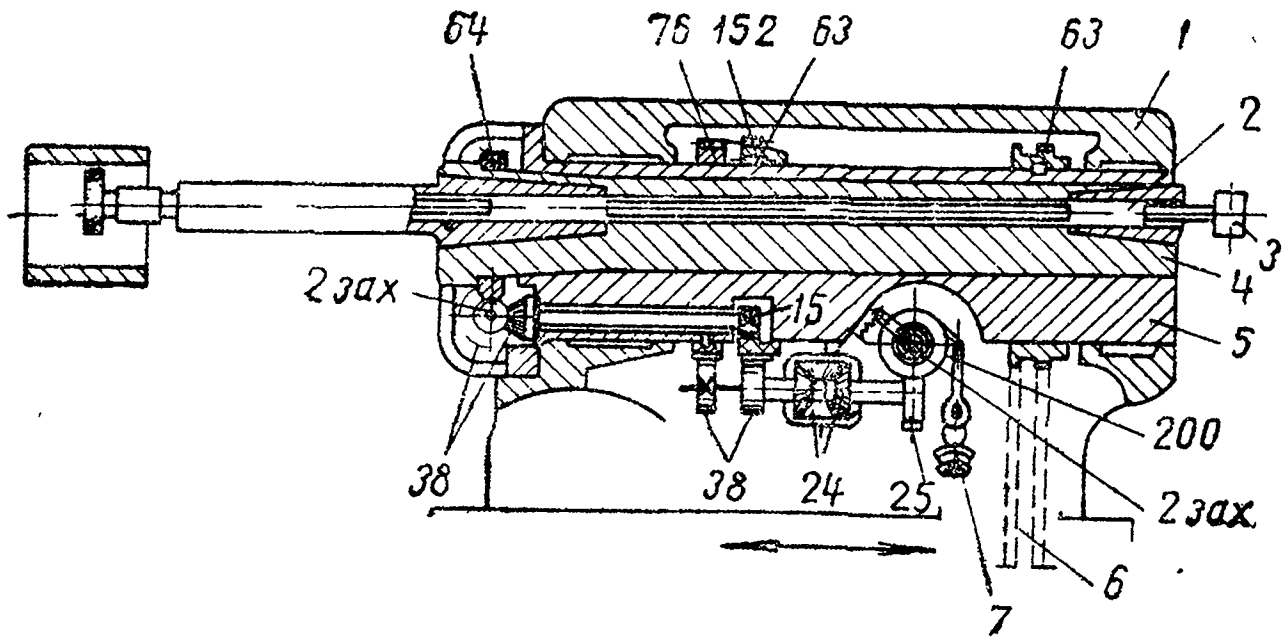


Фиг. 117. Внутришлифовальный станок с планетарным перемещением шпинделя:

1 — стол; *2* — шпиндель с шлифовальным кругом; *3* — шпиндельная бабка; *4* — станина станка.

Станки для внутреннего шлифования с планетарным движением шпинделя изготовляются как с горизонтальным, так и с вертикальным расположением шпинделей. На фиг. 117 показан внутришлифовальный станок с планетарным перемещением

шпинделя и движущейся шлифовальной бабкой. Возвратно-поступательное перемещение бабки осуществляется посредством гидропривода. На фиг. 118 показана шлифовальная бабка станка с планетарным перемещением шпинделя. В корпусе *1* сосредоточены все механизмы подачи шлифовального круга. Корпус перемещается возвратно-поступательно. В нем расположены две эксцентричные втулки *4* и *5* и шпиндель *2*, приводящий во вращение шлифовальный круг от шкива *3*. Наружная втулка *5* приводится во вращение цепной передачей *6* и зубчатым коле-



Фиг. 118. Механизм поперечной подачи шлифовального шпинделя.

сом с числом зубьев 63. Шпиндель *2* с шлифовальным кругом расположен эксцентрично во втулке *4*, которая эксцентрично расположена во втулке *5*, получающей прерывистое движение от механизма *7* по следующей цепи: червячная пара $\frac{2}{25}$, дифференциал колеса $\frac{38}{152} \cdot \frac{63}{15} \cdot \frac{38}{38}$ и червячная передача $\frac{2}{64}$. Втулка *4* повертывается на некоторый угол. Это движение необходимо только как периодическое в конце двойного хода. Поэтому в шлифовальную бабку введена дифференциальная передача, которая обеспечивает неподвижность оси шлифовального круга относительно гильзы втулки *4*.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1 Расскажите, чем отличаются шлифовальные станки от станков других типов?

2. Расскажите о системе обозначений шлифовальных станков.
3. Назовите основные узлы станка модели 3Б151.
4. Почему шпиндель передней бабки станка модели 3Б151 неподвижен?

5. Какие поперечные подачи шлифовального круга имеются у станка модели 3Б151?

6. Чем отличается универсальный круглошлифовальный станок от неуниверсального?

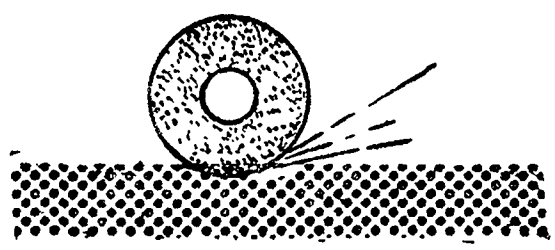
7. Каковы преимущества станков бесцентрового шлифования?

8. Расскажите, как работает гидравлическая система станка модели 3Г180.

9. Рассмотрите по кинематической схеме станка модели 3Б250, как получают поперечную подачу шлифовального круга.

10. Для чего предназначены ступенчатые калибровые пробки в станке модели 3А251?

11. Где применяют станки с планетарным движением шпинделя?



ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ

ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

§ 1. ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНЫЙ СТАНОК МОДЕЛИ 3Б71М

Плоскошлифовальные станки по принципу работы подразделяются на станки для шлифования периферией круга и на станки для шлифования торцом круга. По форме стола и характеру его движения они делятся на станки с возвратно-поступательным и станки с вращательным движением стола.

Современные плоскошлифовальные станки снабжаются, как правило, электромагнитными (реже магнитными) столами, которые позволяют быстро и надежно крепить шлифуемые детали.

На фиг. 119 показан плоскошлифовальный станок модели 3Б71М Витебского станкостроительного завода им. Кирова, повышенной точности, предназначенный для шлифования плоскостей периферией круга (описание выполнено по проспекту завода).

Краткая техническая характеристика станка

Длина рабочей поверхности стола, *мм*	630
Ширина рабочей поверхности стола, *мм*	200
Наибольшая высота устанавливаемой заготовки, *мм* .	320
Размеры шлифовального круга, *мм*	250×75×25

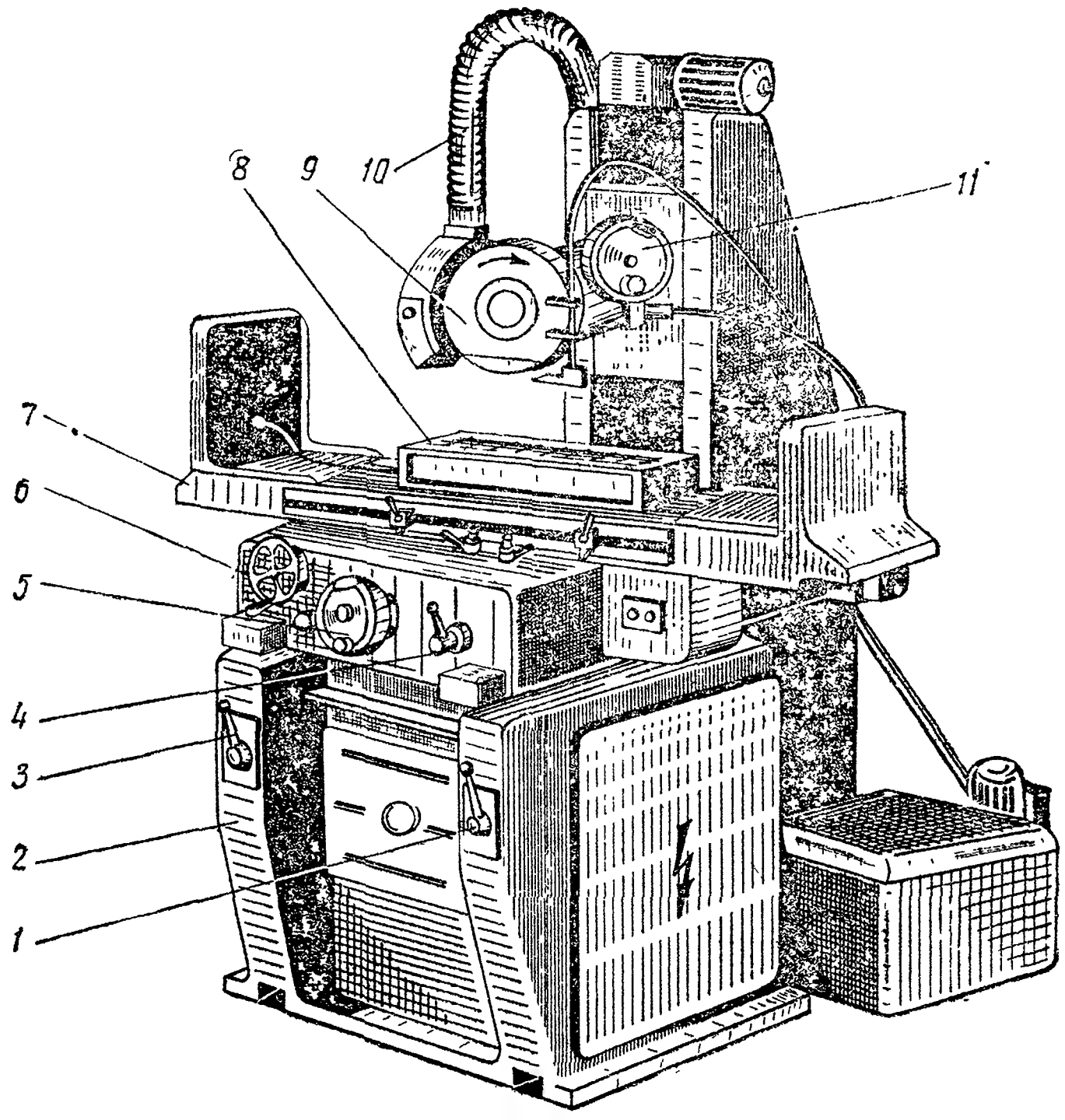
Рассмотрим кинематическую схему станка модели 3Б71М (фиг. 120).

Главное движение. Шлифовальный круг получает вращение от электродвигателя ($N=1{,}7$ *квт*, $n=2800$ об/мин.) посредством ременной передачи со шкивами диаметром 115 и 120 *мм*. Число оборотов шпинделя шлифовального круга равно

$$2800 \cdot \frac{115}{120} = 2700 \text{ об/мин.}$$

Механизмы вертикальной подачи. Вертикальную подачу шлифовального круга можно получить вручную или автоматиче-

ски. Грубая ручная подача осуществляется маховичком *1* (фиг. 121), точная — с помощью микрометрического устройства и головки *3*. Цена деления лимба механизма подачи равна 0,001 *мм*. При вращении маховичка *1* движение передается на червячную



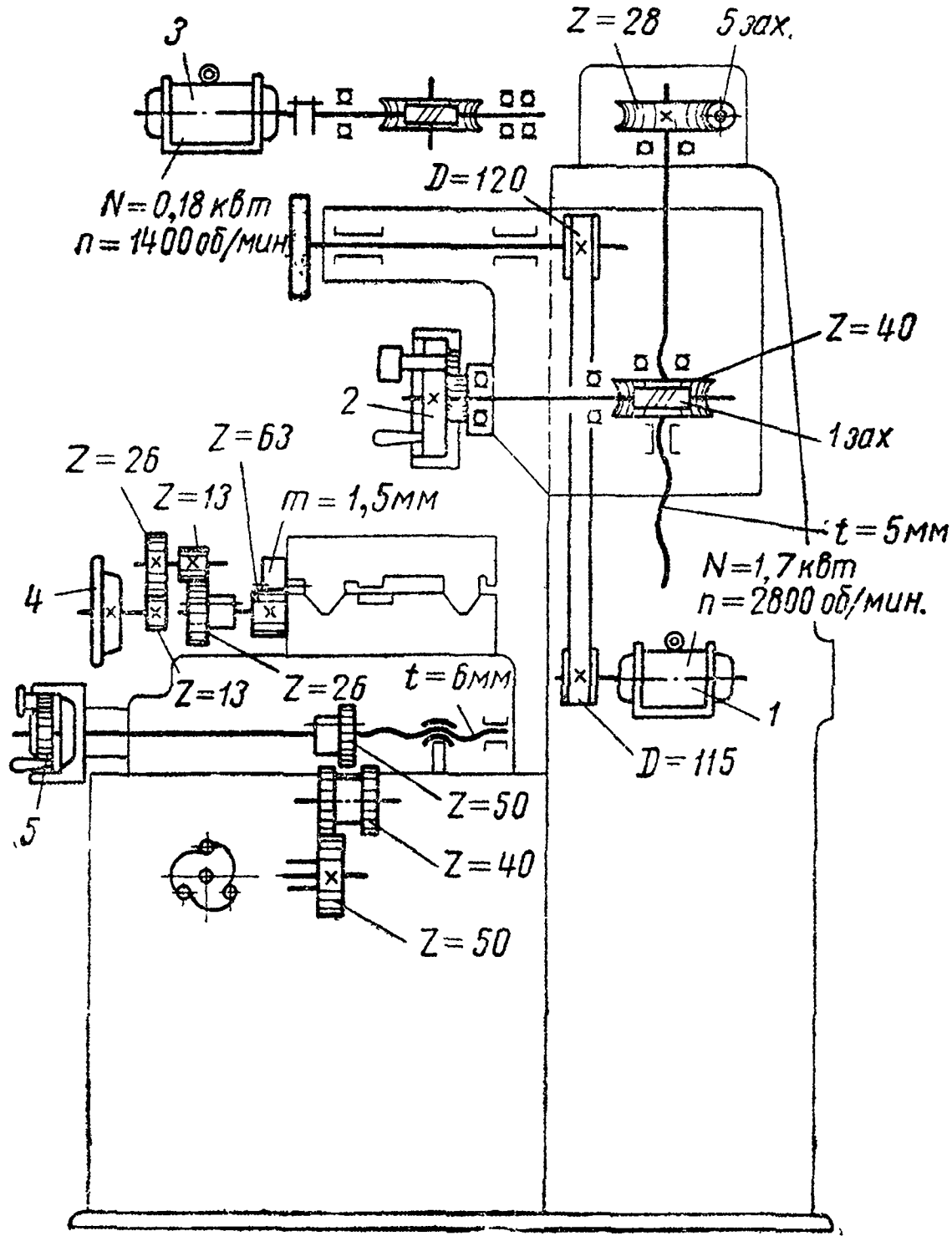
Фиг. 119. Плоскошлифовальный станок модели 3Б71М:

1 — реверсирование поперечной подачи; *2* — станина станка; *3* — перемещение шлифовальной бабки вниз или вверх; *4* — переключатель магнитной плиты; *5* — ручная поперечная подача стола; *6* — ручное продольное перемещение стола; *7* — стол станка; *8* — магнитная плита; *9* — шлифовальная бабка; *10* — отсос абразивной пыли; *11* — микрометрическая вертикальная подача.

передачу с передаточным отношением $\frac{1}{40}$ и далее на винт вертикальной подачи с шагом $t=5$ *мм* (см. фиг. 120).

Автоматическая вертикальная подача производится от гидропривода в момент реверса поперечной подачи стола. Из панели станка масло подается к правому торцу плунжера *8* (см. фиг. 121), на котором закреплена собачка *7*. При перемещении

плунжера собачка поворачивает храповое колесо, на валу *5* которого находится червяк, передающий движение через червячное колесо на винт вертикальной подачи. Регулирование величины подачи осуществляется путем поворота головки *6*; при



Фиг. 120. Кинематическая схема плоскошлифовального станка модели 3Б71М:

1 — электродвигатель главного движения; *2* — рукоятка ручной вертикальной подачи круга; *3* — электродвигатель ускоренного хода; *4* — рукоятка ручного продольного перемещения стола; *5* — рукоятка ручного поперечного перемещения стола.

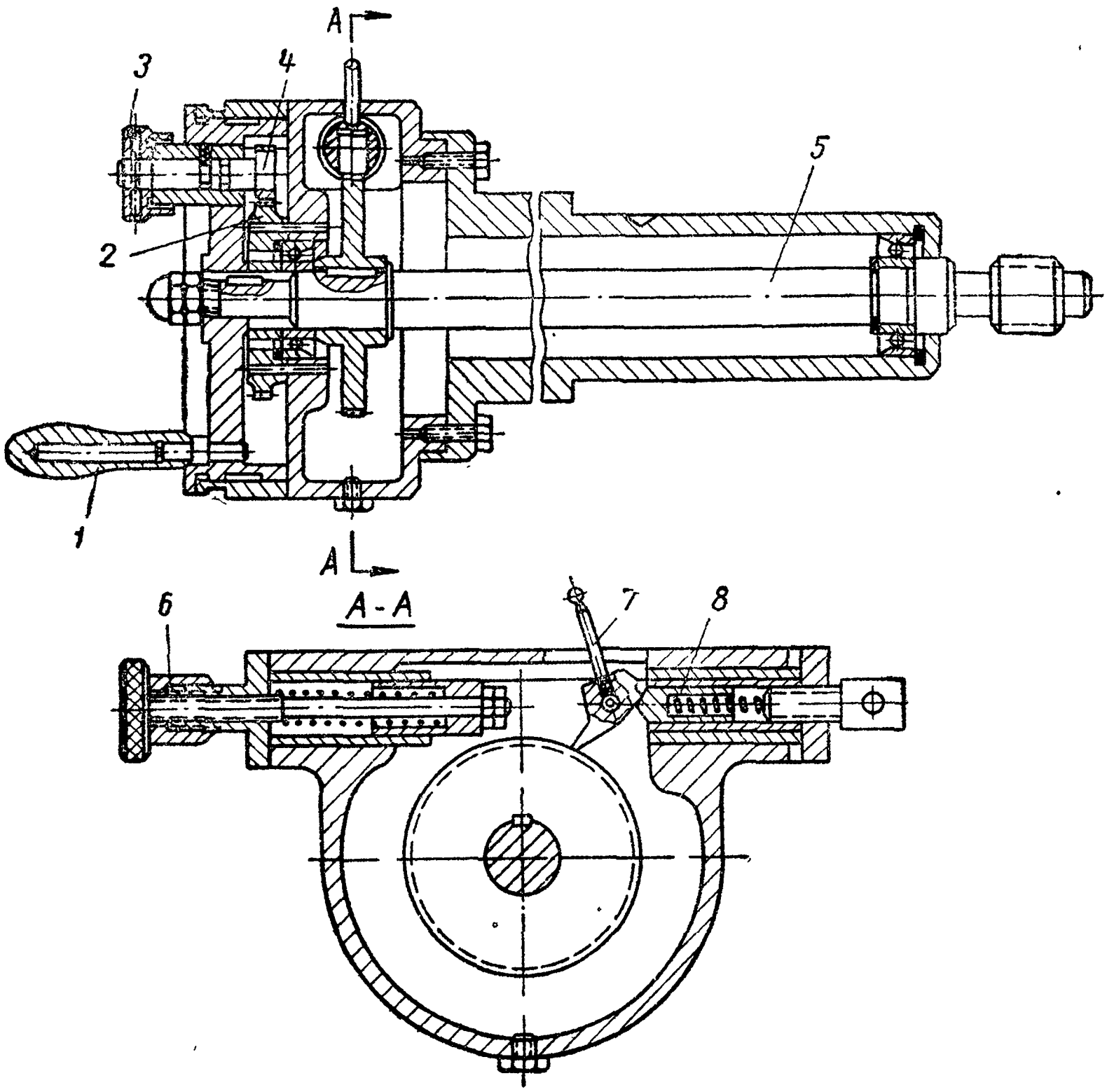
этом уменьшается или увеличивается ход плунжера и изменяется число зубьев, захватываемых собачкой.

При ручной подаче собачка *7* устанавливается в нерабочее положение, а шестерня *4* головки *3* выводится из зацепления с шестерней *2*.

Ускоренное вертикальное перемещение шлифовального круга осуществляется от отдельного электродвигателя ($N=0{,}18$ *квт*,

$n=1400$ об/мин.) посредством червячной передачи $\frac{5}{28}$ и винта вертикальной подачи с шагом $t=5$ *мм* (см. фиг. 120):

$$s_{уск}=1400\cdot\frac{5}{28}=250 \text{ мм/мин.}$$



Фиг. 121. Механизм вертикальной подачи шлифовального круга станка модели 3Б71М.

Механизм поперечной подачи. Поперечная подача стола выполняется вручную путем вращения рукояткой ходового винта с шагом $t=6$ *мм*, а также от гидравлической системы станка в момент реверсирования стола.

Механизм продольного ручного перемещения стола. Вращая рукоятку продольного ручного перемещения, через зубчатые ко-

леса передают движение на рейку стола с модулем $m=1{,}5$ *мм* по следующей кинематической цепи (см. фиг. 120):

$$1\cdot\frac{13}{26}\cdot\frac{13}{26}\cdot 13\cdot 1{,}5\pi\approx 15 \text{ мм}.$$

Таким образом, за один оборот рукоятки стол перемещается в продольном направлении на величину 15 *мм*.

Гидравлический привод станка. Станок снабжен гидравлическим приводом, с помощью которого осуществляются следующие движения:

1) продольное возвратно-поступательное перемещение стола с бесступенчатым регулированием скорости его в пределах от 3 до 20 *м/мин*;

2) периодическое поперечное перемещение стола с бесступенчатым регулированием величины подачи в пределах от 0,2 до 4 *мм/дв. ход*;

3) автоматическая вертикальная подача шлифовального круга при реверсировании стола с регулированием величины подачи в пределах от 0,002 до 0,01 *мм/дв. ход*;

4) автоматическое выключение механизма ручного перемещения стола при включении продольного перемещения стола от гидросистемы;

5) смазка направляющих стола.

§ 2. ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНЫЙ СТАНОК МОДЕЛИ 3Б756

На фиг. 122 показан плоскошлифовальный станок модели 3Б756 * с круглым электромагнитным столом диаметром 800 *мм* и вертикальным шпинделем. По направляющим чугунной станины перемещается каретка с круглым столом. При шлифовании каретка неподвижна. Станок предназначен для шлифования плоских поверхностей в условиях массового и серийного производства. Отличительные особенности станка:

1) герметичность шлифовальной бабки, исключающая попадание паров воды и абразивной пыли;

2) наклон шлифовальной бабки при черновом шлифовании, обеспечивающий повышение производительности станка на 50%;

3) автоматически закрывающийся и открывающийся кожух стола;

4) наличие измерительного устройства, позволяющего контролировать шлифуемую деталь во время обработки.

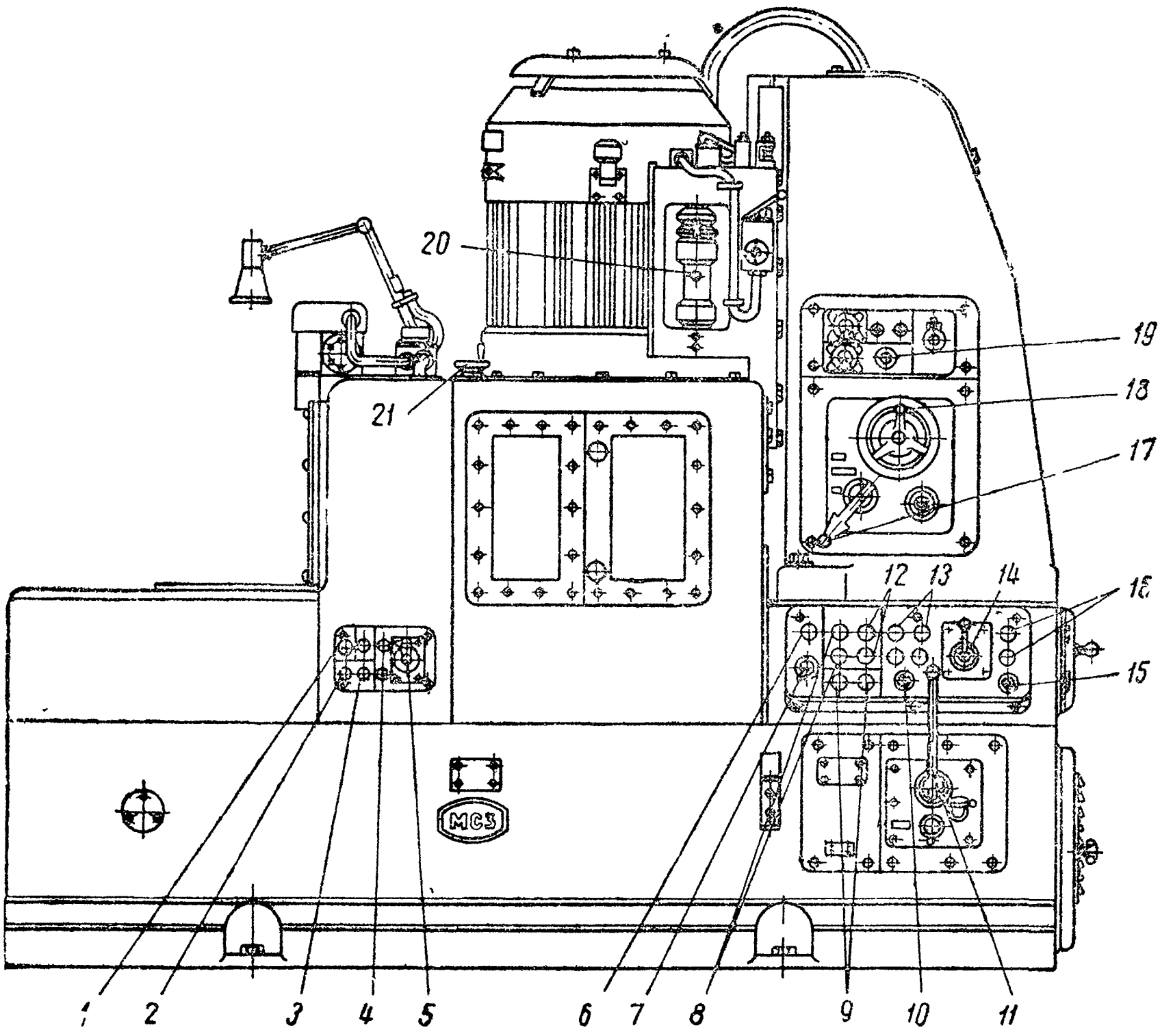
---

* При описании станка использован проспект Московского завода шлифовальных станков, выпущенный в 1961 г.

Краткая техническая характеристика станка модели 3Б756

Расстояние от нижнего торца круга до рабочей поверхности стола, *мм*:

наименьшее	0
наибольшее	350
Расстояние от оси шпинделя до направляющих колонки, *мм*	325



Фиг. 122. Плоскошлифовальный станок модели 3Б756:

1 и *6* — кнопки остановки станка; *2* — кнопка перемещения стола влево и открывания кожуха; *3* — кнопка закрывания кожуха и перемещения стола под шлифовальную бабку; *4* — переключатель для работы с электромагнитной плитой или без нее; *5* — рукоятка включения, отключения и размагничивания плиты; *7* — переключатель наклона шлифовального круга; *8* — кнопки пуска и остановки шлифовального круга; *9* — кнопки включения и выключения подачи; *10* — переключатель движения стола с наладочного на рабочее и наоборот, *11* — рукоятка переключения скоростей, *12* — кнопки ускоренного перемещения шлифовальной бабки вверх и вниз; *13* — кнопки пуска и остановки вращения стола, *14* — переключатель полюсов электродвигателя вращения стола, *15* — кнопка включения и выключения освещения; *16* — кнопка подачи охлаждающей жидкости, *17* — рукоятка включения ручной и автоматической подачи и ускоренного перемещения шлифовального круга, *18* — маховичок ручной подачи шлифовального круга, *19* — регулятор подачи, *20* — кнопка включения правки шлифовального круга; *21* — маховик установки измерительного устройства по высоте.

Кинематическая схема станка приведена на фиг. 123.

Главное движение. Вращение шлифовального круга осуществляется встроенным электродвигателем ($N=28$ *квт*, $n=980$ об/мин.).

Вращение круглого стола. Для вращения электромагнитного стола служит двухскоростной электродвигатель ($N=0{,}7/1{,}2$ *квт*, $n=720/1420$ об/мин.) и коробка скоростей. Вращение передается по следующей кинематической цепи:

$$n_{ст}=n_{дв}\frac{90}{180}\cdot\frac{z_1}{z_2}i_x\frac{120}{120}\cdot\frac{z_9}{z_{10}}\cdot\frac{z_{11}}{z_{12}},$$

где $n_{ст}$ — число оборотов стола, об/мин.;

90, 180, 120 и 120 — диаметры шкивов, *мм*;

$z_1, z_2, \ldots, z_{12}$ — числа зубьев колес *1—12* в коробке скоростей;

i — передаточное отношение зубчатых колес тройного передвижного блока;

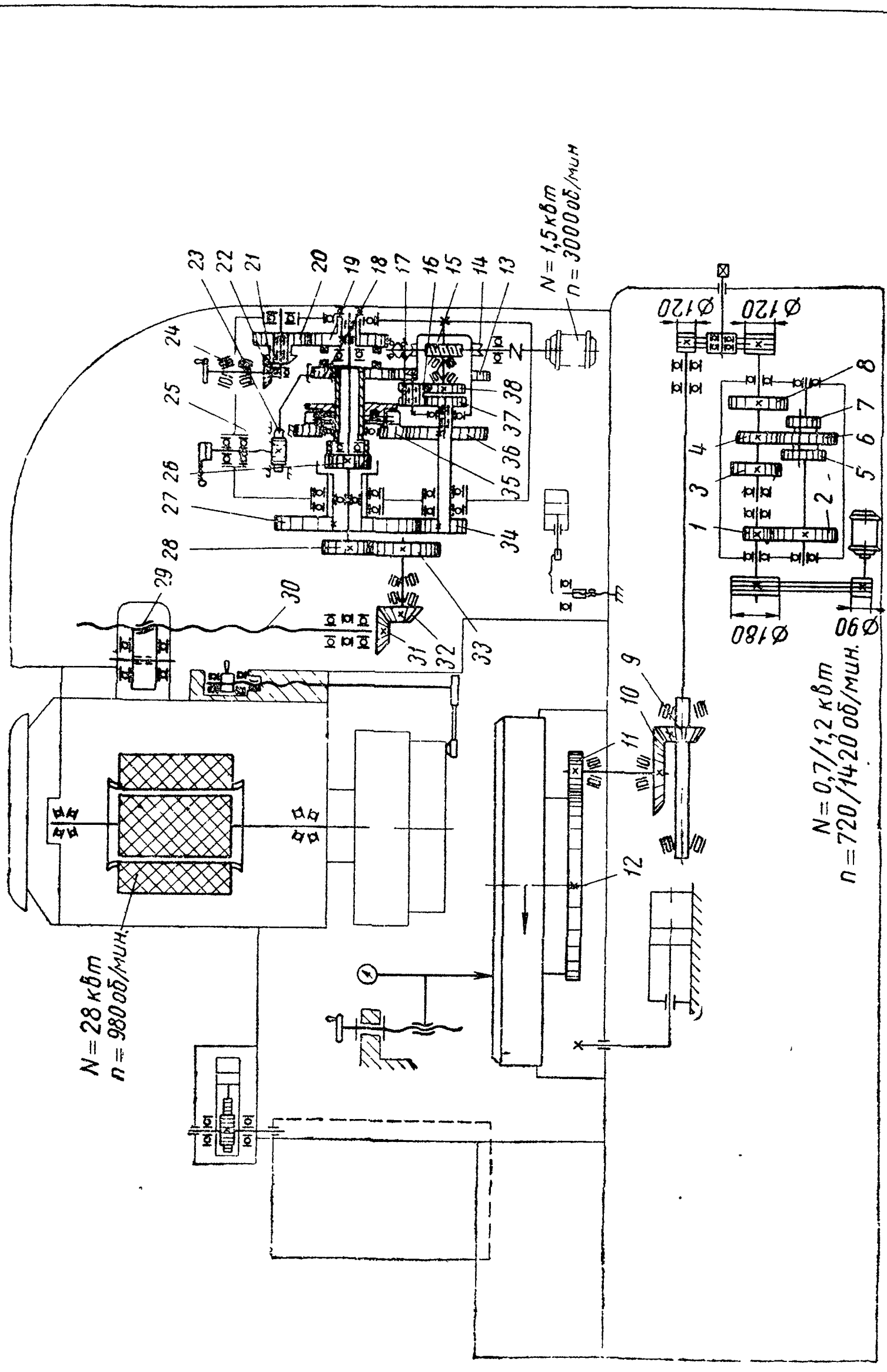
$$i=\frac{z_5}{z_3};\ i=\frac{z_6}{z_4}\ \text{и}\ i=\frac{z_7}{z_8}.$$

При наличии двухскоростного электродвигателя коробка скоростей вращения стола обеспечивает шесть различных чисел оборотов в минуту: 5,85; 9,52; 11,5; 15,1; 18,8 и 29,8.

Ускоренное перемещение шлифовальной бабки. Движение осуществляется от отдельного электродвигателя постоянного тока ($N=1{,}5$ *квт*, $n=3000$ об/мин.) посредством червячной передачи $\frac{14}{15}$, зубчатых колес $\frac{13}{18}$, муфты обгона *26*, зубчатых колес $\frac{28}{33}$, винта *30* и гайки *29*.

Автоматическое перемещение шлифовальной бабки. От того же электродвигателя через планетарную передачу, состоящую из зубчатых колес *16*, *17*, *37* и *38* с передаточным отношением, равным $\frac{1}{961}$, зубчатые колеса $\frac{36}{35}$ движение передается на вал обгонной муфты. При включении электромагнитной муфты зубчатое колесо *35*, свободно сидящее на валу, соединяется с ним и далее передает движение через зубчатые передачи $\frac{28}{33}$ и $\frac{32}{31}$ на винт *30*. При этом обгонная муфта будет вращаться вхолостую посредством колес $\frac{34}{27}$. Вертикальная подача шлифовальной бабки регулируется бесступенчато в пределах от 0,015 до 0,6 *мм/мин*.

Ручное перемещение шлифовальной бабки. Ручная подача осуществляется вращением маховичка *24* через конические колеса



Фиг. 123. Кинематическая схема плоскошлифовального станка модели 3Б756.

$\frac{22}{21}$ и цилиндрические $\frac{20}{19}$. Для этого необходимо соединить торцовыми кулачками колеса *18* и *19* путем перемещения колеса *18* с помощью реечной передачи *23* и *25*. Реечное колесо при этом вращается вручную рукояткой. От него через передачи $\frac{28}{33}$ и $\frac{32}{31}$ движение передается на винт *30*.

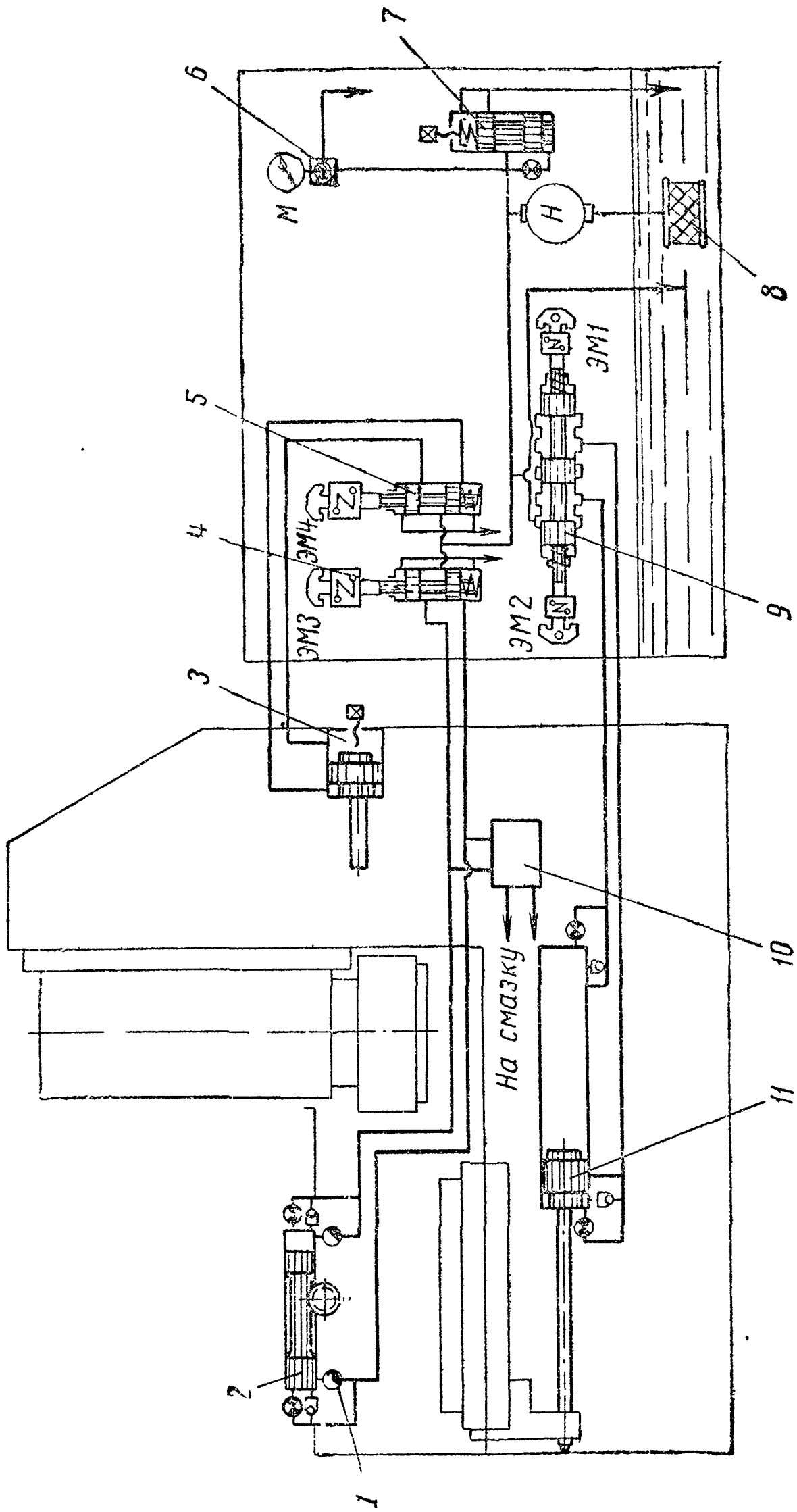
Цикл работы станка. После установки и закрепления шлифуемой детали на столе станка замыкается цепь питания электромагнитов, нажатием кнопки закрывается кожух и стол перемещается в зону шлифования. Электропереключателем наклоняют шлифовальную бабку. Шлифовальная бабка подается до появления искры к детали, включается охлаждение, и начинается черновое шлифование. Величина вертикальной подачи устанавливается регулятором, а припуск на шлифование — с помощью реле времени.

Закончив черновое шлифование, возвращают шлифовальную бабку в вертикальное положение и с помощью регулятора устанавливают величину чистовой вертикальной подачи, а с помощью реле времени — припуск на чистовое шлифование. Закончив чистовое шлифование, поднимают круг вверх на величину 0,03—0,04 *мм*, выключают вращение стола и подачу охлаждающей жидкости и осуществляют контроль высоты детали.

Гидравлическая система станка (фиг. 124). Гидропривод станка выполняет следующие движения:

1) перемещение каретки со столом из зоны загрузки в зону шлифования и обратно;
2) открывание и закрывание защитного кожуха;
3) наклон шпиндельной бабки при шлифовании;
4) смазку направляющих станка.

Гидравлическая система станка начинает работать после установки и закрепления шлифуемой детали на столе. Для этого включают кнопку электродвигателя лопастного насоса *H*. Все электромагниты обесточены, золотник *4* поворота кожуха и золотник *5* наклона шлифовальной головки находятся в верхних положениях, а золотник *9* движения каретки со столом — в среднем положении. Масло из резервуара через сетчатый фильтр *8* всасывается насосом *H* и направляется к золотникам *4*, *5*, *7* и *9*. Масло, пройдя золотник *5*, направляется в правую полость цилиндра *3*, при этом шлифовальная бабка повернется. Одновременно масло поступит через золотник *4* в правую полость плунжера *2*, и кожух закроется. После этого включается электромагнит *ЭМ1*. Золотник *9* движения каретки перемещается влево и соединяет левую полость цилиндра *11* с нагнетающим тру-



Фиг. 124. Гидравлическая схема плоскошлифовального станка модели 3Б756.

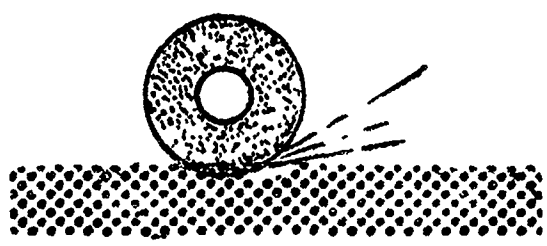
бопроводом, а правую со сливом. Стол перемещается вправо из зоны загрузки в зону шлифования. Каретка, дойдя до правого упора, останавливается.

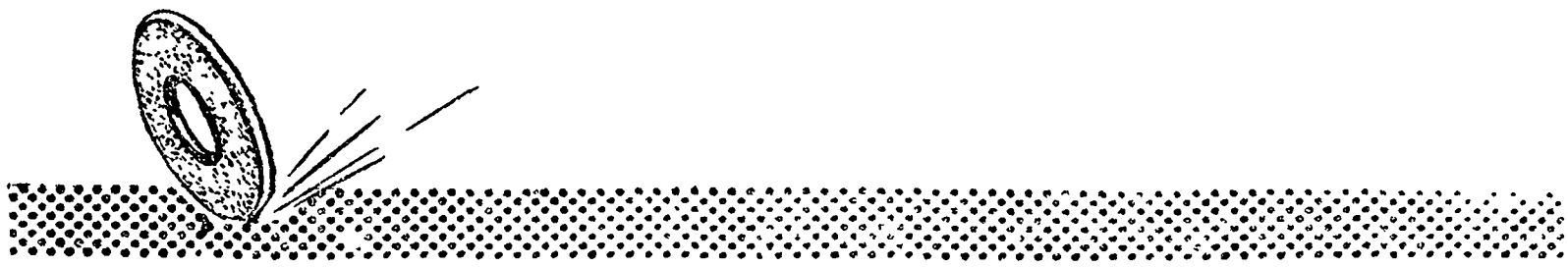
Включив механизм вертикальной подачи, начинают шлифование. В конце шлифования переключателем включают электромагнит *ЭМ4*, золотник *5* перемещается вниз, и поршень цилиндра *3* перемещается вправо. Шпиндельная бабка повертывается в обратную сторону, и торец шлифовального круга располагается параллельно плоскости стола. Одновременно кнопкой выключают электромагнит *ЭМ1* и включают электромагнит *ЭМ2*. При этом золотник *9* перемещается в правое положение, и поршень цилиндра *11* перемещает каретку в зону загрузки. В зоне загрузки от путевого выключателя включается электромагнит *ЭМ3*, золотник *4* опускается, и масло направляется под левый торец плунжера *2*. При перемещении плунжера кожух открывается, электродвигатель насоса отключается, и электромагниты обесточиваются.

Дросселем *1* регулируется поворот кожуха. Из распределителя *10* масло направляется на смазку направляющих станка. Краном *6* включается манометр *М* для контроля давления в сети. которое достигает 10 *ат*.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите типы плоскошлифовальных станков.
2. Расскажите, из каких основных узлов и деталей состоит станок модели 3Б71М.
3. Перечислите основные узлы и детали станка модели 3Б756.
4. Расскажите, как действуют автоматические устройства станка модели 3Б756.





ГЛАВА ДВЕНАДЦАТАЯ

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

§ 1. РЕЗЬБОШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

Шлифование резьбы. Шлифование резьбы применяется в тех случаях, когда требуется получить резьбу наивысшей точности (винты измерительных приборов и ходовые винты для точных расчетных перемещений в металлорежущих станках); окончательно обработать резьбу режущих инструментов (метчики и червячные фрезы); изготовить ответственную крепежную резьбу деталей машин.

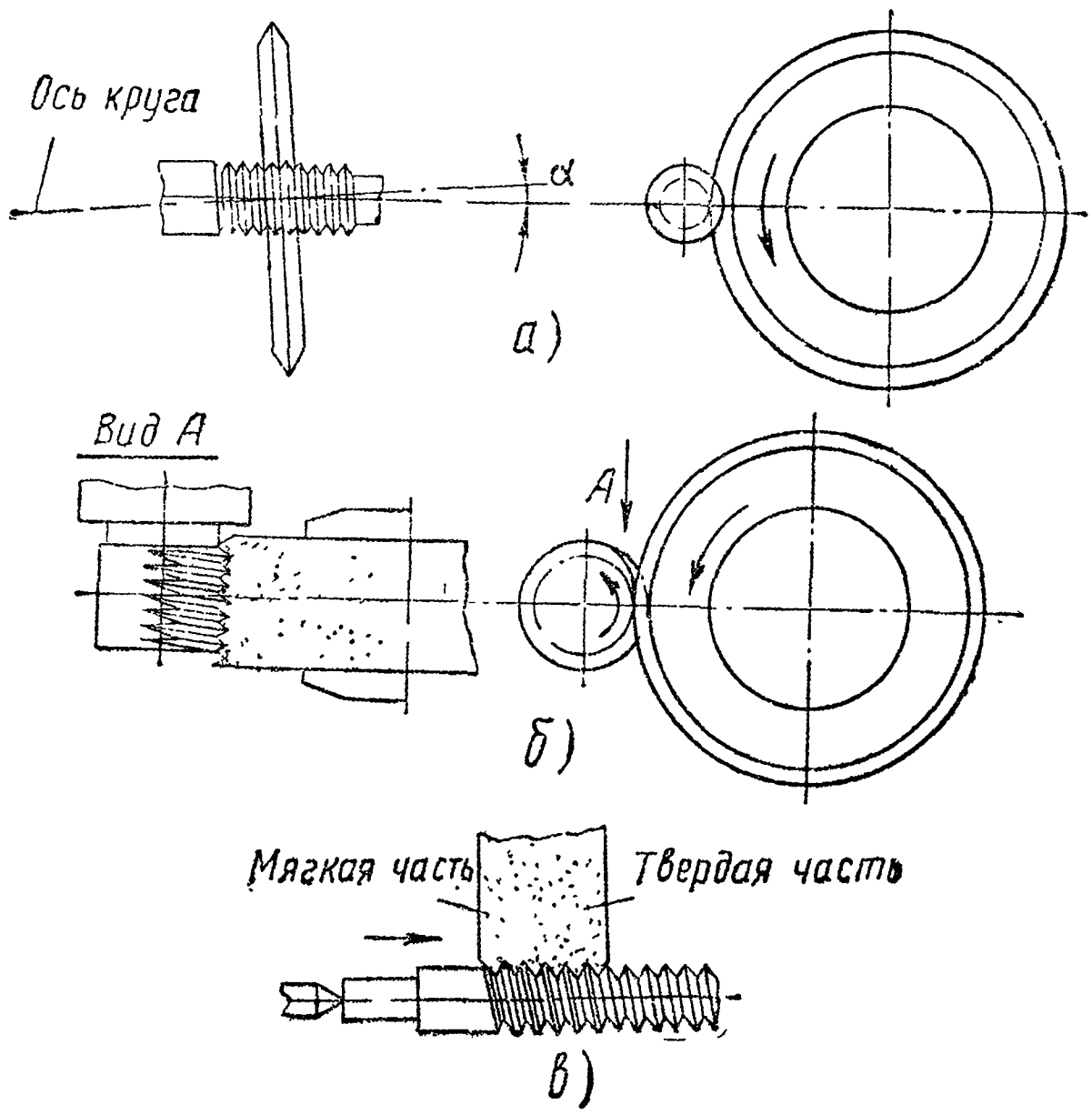
В современном машиностроении к точности и чистоте поверхностей шлифованной резьбы предъявляются высокие требования. Так, степень чистоты поверхности резьбы шлифованных метчиков должна быть не ниже 8 класса. Самая точная резьба выполняется с допусками по шагу: 0,0025 *мм* на 25 *мм*; 0,0040 *мм* на 100 *мм*; 0,0075 *мм* на 300 *мм* длины резьбы. Допуски по среднему диаметру $\pm$0,0025 *мм* и на половину угла профиля $\pm 1'30''$. С такой степенью точности шлифуют резьбовые калибры высокой точности и ходовые винты измерительных приборов.

Резьбу шлифуют однониточными или многониточными шлифовальными кругами. На фиг. 125, *а* показана схема шлифования резьбы однониточным шлифовальным кругом. Деталь и круг совершают вращательные движения, и одновременно происходит их относительное продольное перемещение в направлении оси резьбы на величину одного шага при одном обороте детали.

На фиг. 125, *б* и *в* показаны схемы шлифования резьбы многониточными шлифовальными кругами с кольцевым расположением ниток. Высота таких кругов равна 25—80 *мм*. При шлифовании короткой резьбы (фиг. 125, *б*) шлифовальному кругу сообщают вначале поперечную подачу на высоту профиля резьбы при очень медленной подаче детали. По достижении полной высоты профиля резьбы поперечная подача прекращается, и деталь делает один оборот, перемещаясь на шаг резьбы. Таким образом, за $1\frac{1}{3}$ — $1\frac{1}{2}$ оборота детали заканчивается ее шли-

фование. При шлифовании длинной резьбы (фиг. 125, *в*) процесс происходит так же, как и при работе однониточным шлифовальным кругом, т. е. с продольной подачей.

Шлифование резьбы однониточным шлифовальным кругом точнее, чем многониточным; такой способ применяется для получения точной, но короткой резьбы. Однониточным шлифовальным кругом можно шлифовать резьбу при высокой скоро-



Фиг. 125. Способы шлифования резьбы:
а — однониточным кругом; *б* — многониточным кругом по методу врезания; *в* — многониточным кругом глубинным методом.

сти резания и большом числе проходов или при сравнительно небольшой скорости детали, но при резком увеличении глубины шлифования вследствие уменьшения числа проходов. Практика показывает, что второй режим шлифования более производителен.

Профилирование однониточного круга проще, но работа им менее производительна. Высокая производительность многониточных шлифовальных кругов позволяет шлифовать резьбу в сплошном закаленном материале без предварительного нарезания ее на других станках.

Многониточные круги при шлифовании резьбы на проход снабжаются заборным конусом, и в этом случае первые их нит-

ки выполняют предварительные, а последние — зачистные проходы. Иногда применяют для той же цели шлифовальные круги, составленные из отдельных узких кругов разной твердости: более твердых для прорезки и менее твердых для калибровки профиля резьбы. Часто предварительное шлифование производят многониточным кругом, а окончательное — однониточным.

Шлифование резьбы можно также выполнять на бесцентровом круглошлифовальном станке с помощью специальных приспособлений.

Точность резьбы и качество ее поверхности зависят от характеристики шлифовального круга. Правильно подобранный шлифовальный круг должен длительно сохранять свой профиль и обеспечивать получение необходимой степени чистоты поверхности. Круг должен быть мелкозернистым, твердость его должна быть выше, чем для обычных шлифовальных работ. В зависимости от шага шлифуемой резьбы характеристика круга может быть выбрана по табл. 9.

Таблица 9

Выбор шлифовального круга для шлифования наружной резьбы ходовых винтов из хромомарганцовой стали ХГ

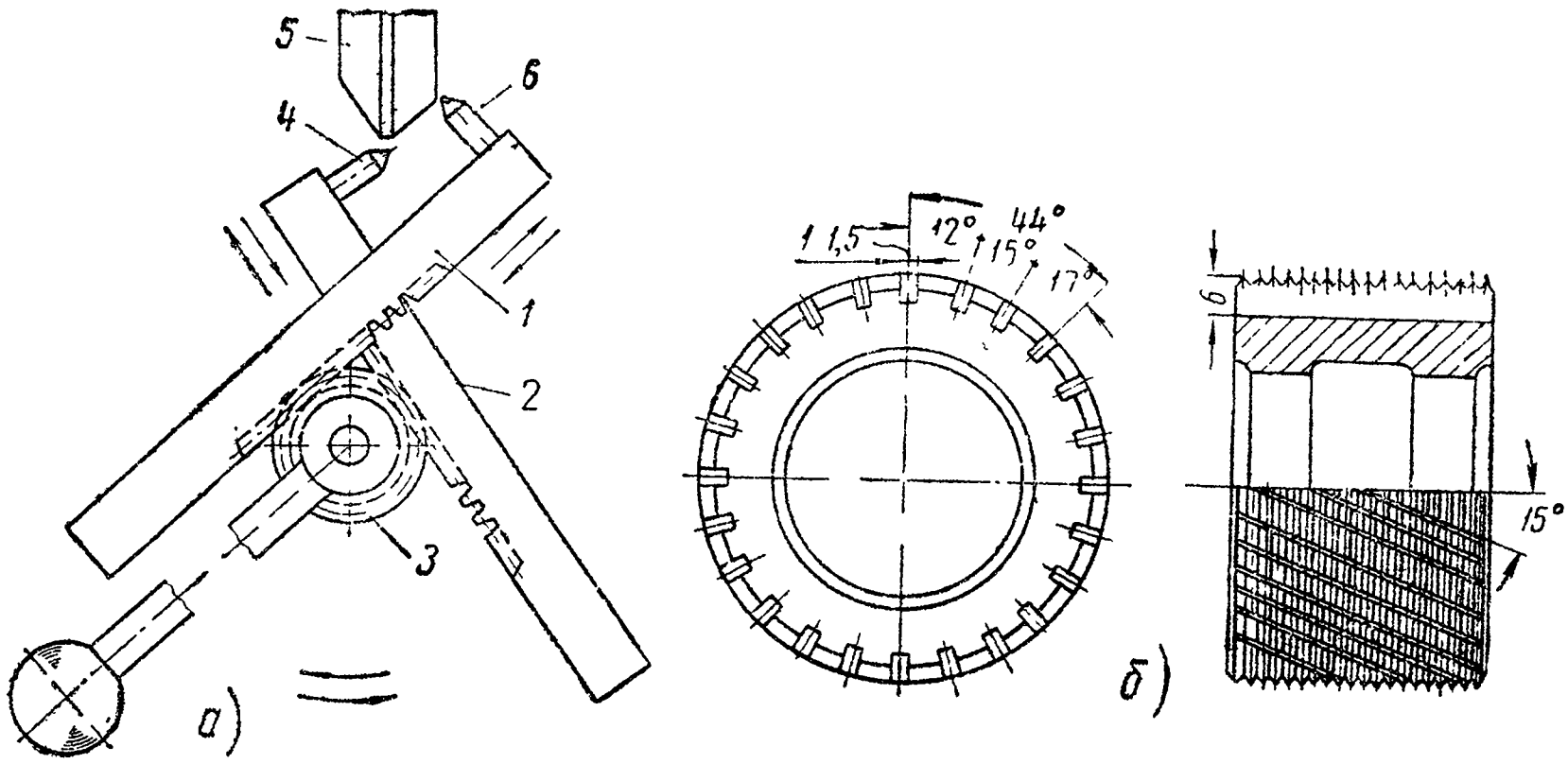
Шаг шлифуемой резьбы в *мм*	Номер зернистости, твердость, абразивный материал, связка для шлифования	
	предварительного	окончательного
2	5, СМ1, ЭБ, К	5, СМ2, К3 и ЭБ, К
3	6, СМ1, ЭБ, К	5, СМ1, К3 и ЭБ, К
4	6, СМ1, ЭБ, К	5, СМ1, К3 и ЭБ, К
5	8, СМ1, ЭБ, К	6, СМ1, К3 и ЭБ, К
6	10, СМ1, ЭБ, К	8, СМ1, К3 и ЭБ, К
8—24	10, СМ1, ЭБ, К	10, СМ1, К3 и ЭБ К

Для шлифования внутренней резьбы круги выбирают мягче на 1—2 степени твердости. Внутреннюю резьбу шлифуют с помощью однониточного шлифовального круга, диаметр которого выбирается в пределах от 0,5 до 0,7 диаметра резьбы. Шпиндельная головка резьбошлифовального станка устанавливается под углом по отношению к детали в зависимости от угла подъема резьбы.

Шлифование наружной резьбы однониточными кругами производят стандартными кругами формы ПП диаметром от 250 до 500 *мм* и высотой 6—8 *мм*. Для многониточного резьбошлифования применяют круги формы ПП диаметром от 350 до 450 *мм* и

высотой от 20 до 75 *мм*. При внутреннем резьбошлифовании используют круги диаметром от 20 до 150 *мм* и высотой 6—8 *мм*.

Правка шлифовальных кругов. Для получения точного профиля резьбы шлифовальный круг необходимо периодически править, применяя профилировочные приспособления. Правкой достигается восстановление профиля и режущих свойств шлифовального круга. Однониточные круги обычно правят алмазами или специальными шлифовальными кругами.



Фиг. 126. Правка резьбошлифовальных кругов:

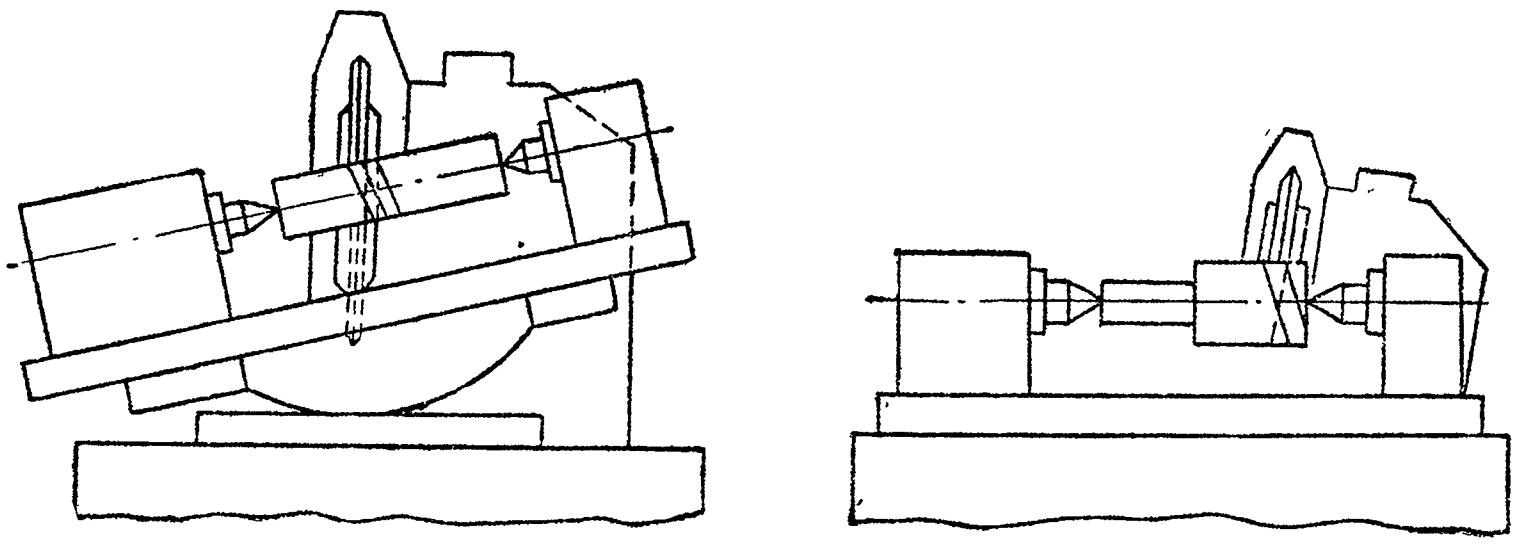
а — схема приспособления для одновременной правки боковых сторон круга, *б* — профилировочный ролик для цилиндрической резьбы; *1* и *2* — ползунки; *3* — реечное зубчатое колесо; *4* и *6* — правящие инструменты; *5* — шлифовальный круг.

На фиг. 126, *а* показана схема простого приспособления для правки однониточного круга. Сначала правят одну сторону профиля, а затем другую. Правильность профиля контролируется микроскопом, установленным на резьбошлифовальном станке. Подача алмаза должна быть равномерной и медленной, иначе профиль круга может быть заправлен уступами. Правка многониточных шлифовальных кругов выполняется стальными закаленными профилировочными роликами (фиг. 126, *б*), на поверхности которых нарезана кольцевая резьба с шагом и профилем шлифуемой резьбы.

Типы резьбошлифовальных кругов. В зависимости от назначения и конструктивных особенностей резьбошлифовальные станки делятся на универсальные, специальные и специализированные. На универсальных станках шлифуют наружную и внутреннюю резьбу различной длины, резьбу режущих инструментов с затылованием, конические резьбы и инструменты с кольцевыми канавками.

Специальные станки предназначены для шлифования короткой наружной или внутренней резьбы в условиях массового производства. Специализированные станки служат для шлифования резьб определенной группы деталей. К ним относятся станки для обработки ходовых винтов, червяков зубчатых передач и др. Универсальные станки должны иметь возможность быстро перестраиваться с обработки одного вида резьбовых изделий на другие.

В зависимости от шага резьбы и ее диаметра изменяется угол подъема винтовой линии, следовательно, должно измениться относительное положение оси шлифовального круга и оси шлифуемой детали. Настройка станка на требуемый угол подъема винтовой линии производится поворотом оси шлифовального круга (фиг. 127, *а*) или поворотом стола с деталью (фиг. 127, *б*).



а) *б*)

Фиг. 127. Установка круга на угол подъема винтовой линии.

Для получения заданного шага резьбы необходимо за каждый оборот шлифуемой детали перемещать ее на определенную величину в осевом направлении. Это обеспечивается ходовым винтом со сменными зубчатыми колесами или сменными ходовыми винтами, или сменными копирами или копирными линейками.

При шлифовании затылованных режущих инструментов, таких, как цилиндрические гребенчатые резьбовые фрезы, червячные фрезы для нарезания зубчатых колес, механизм станка должен обеспечивать автоматическое получение заданной формы затылуемой поверхности. Применяются следующие способы получения движения затылования при шлифовании:

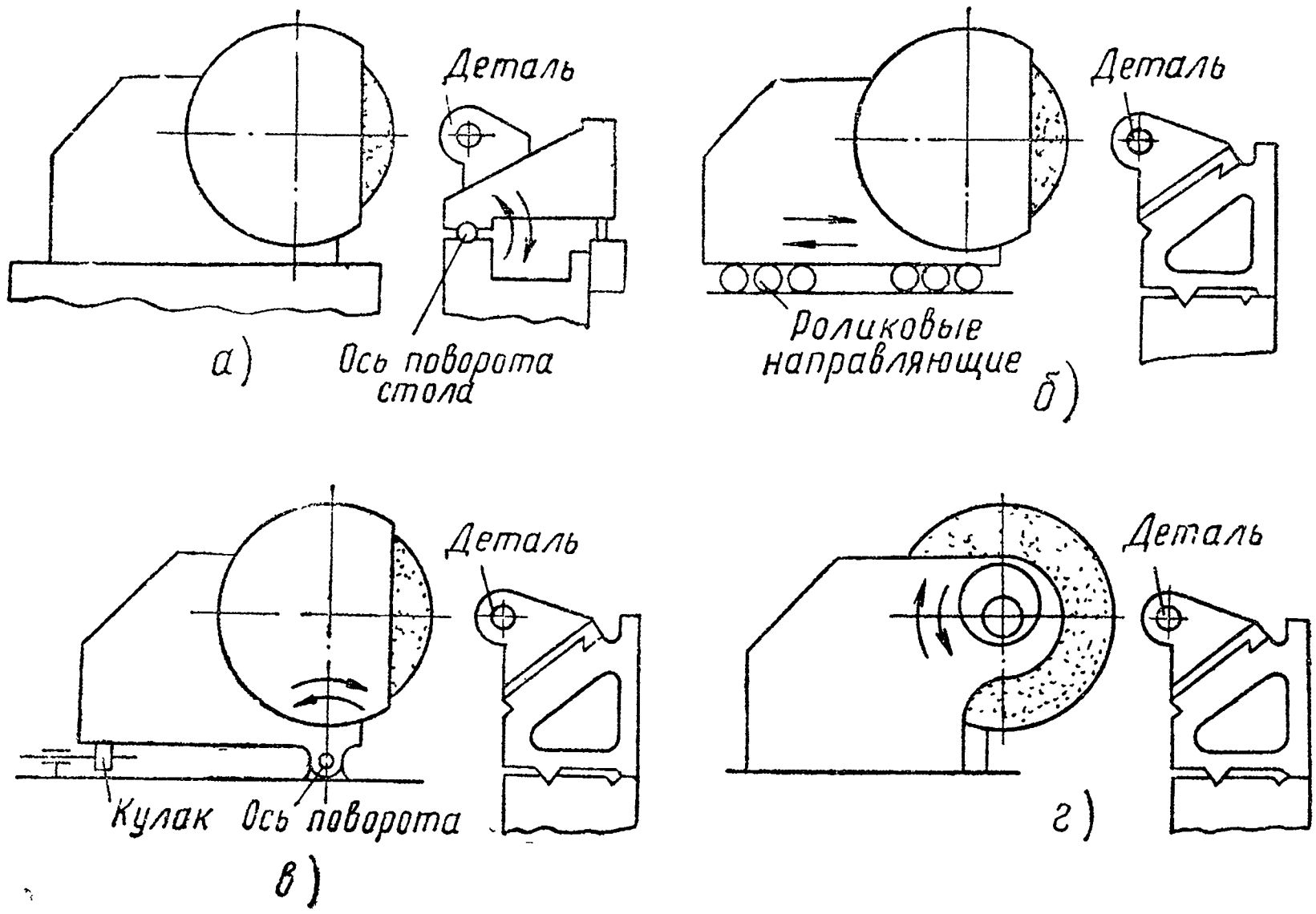
а) качание стола вокруг оси, параллельной оси детали (фиг. 128, *а*);

б) возвратно-поступательное движение бабки шлифовального круга (фиг. 128, *б*);

в) качание бабки шлифовального круга вокруг оси, параллельной оси детали (фиг. 128, *в*);

г) поворот эксцентриковой гильзы шлифовального шпинделя (фиг. 128, *г*).

Универсальный резьбошлифовальный станок модели 5822 изготовляется Московским заводом шлифовальных станков. Он предназначен для шлифования резьбовых калибров, точных



Фиг. 128. Схемы движения шлифовального круга при затылковании режущих инструментов.

винтов делительных и измерительных приборов, метчиков для цилиндрической и конической резьбы, резьбовых фрез, червячных фрез, плоских плашек, зубчатых реек и др. На фиг. 129 показан внешний вид станка. Шлифование резьбы на нем выполняется тремя способами:

1) однониточным или многониточным шлифовальным кругом в одну сторону;

2) однониточным или многониточным шлифовальным кругом в обе стороны;

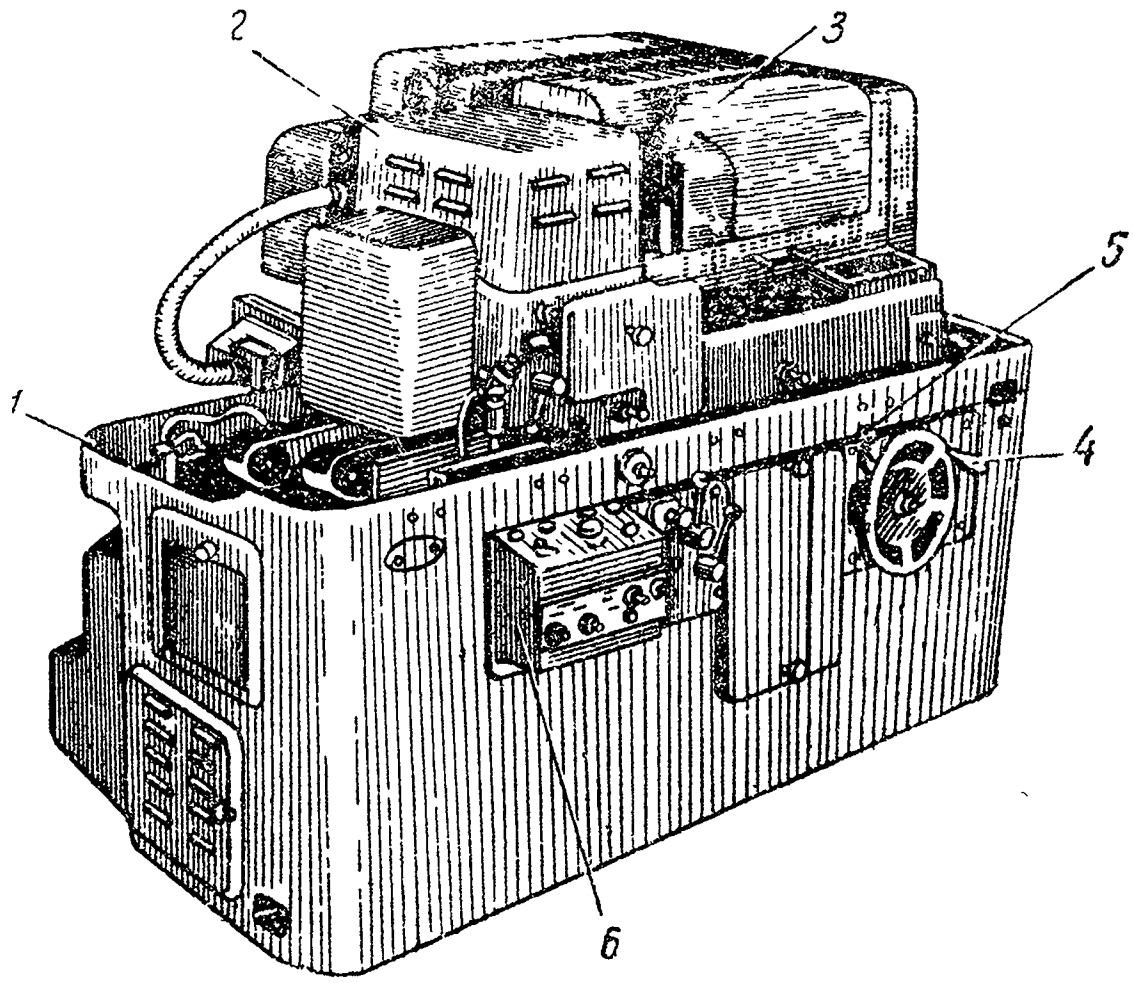
3) многониточным шлифовальным кругом способом врезания.

Порядок шлифования первым способом: быстрый подвод шлифовального круга к детали; пуск шлифуемой детали и насо-

са охлаждения; рабочий проход; остановка стола станка; быстрый отвод шлифовального круга от шлифуемой детали; ускоренное обратное перемещение стола и остановка его.

При втором способе шлифования в конце каждого хода осуществляется автоматическое реверсирование стола путем включения обратного вращения электродвигателя с помощью упоров.

При третьем способе шлифования выполняют: перемещение стола в исходное положение; быстрый подвод круга к шлифуе-



Фиг. 129. Резьбошлифовальный станок модели 5822:
1 — станина; *2* — передняя бабка; *3* — шлифовальная бабка; *4* — маховик перемещения шлифовальной бабки; *5* — рукоятка быстрого отвода; *6* — панель управления.

мой детали; пуск станка; врезание круга на заданную глубину за половину оборота заготовки; шлифование резьбы за полный оборот шлифуемой детали; автоматический отвод круга от детали и остановка стола.

Станок имеет бесступенчатое регулирование электродвигателя постоянного тока, питаемого от электромашинного усилителя (ЭМУ), благодаря чему можно производить бесступенчатое регулирование шпинделя передней бабки. Изменение числа оборотов шлифовального круга обеспечивается сменными шкивами, что дает возможность в определенных пределах поддерживать постоянную скорость шлифовального круга, независимо от его износа.

Установка шлифовального круга на угол подъема шлифуемой резьбы выполняется путем поворота корпуса шлифовального шпинделя.

Техническая характеристика станка модели 5822

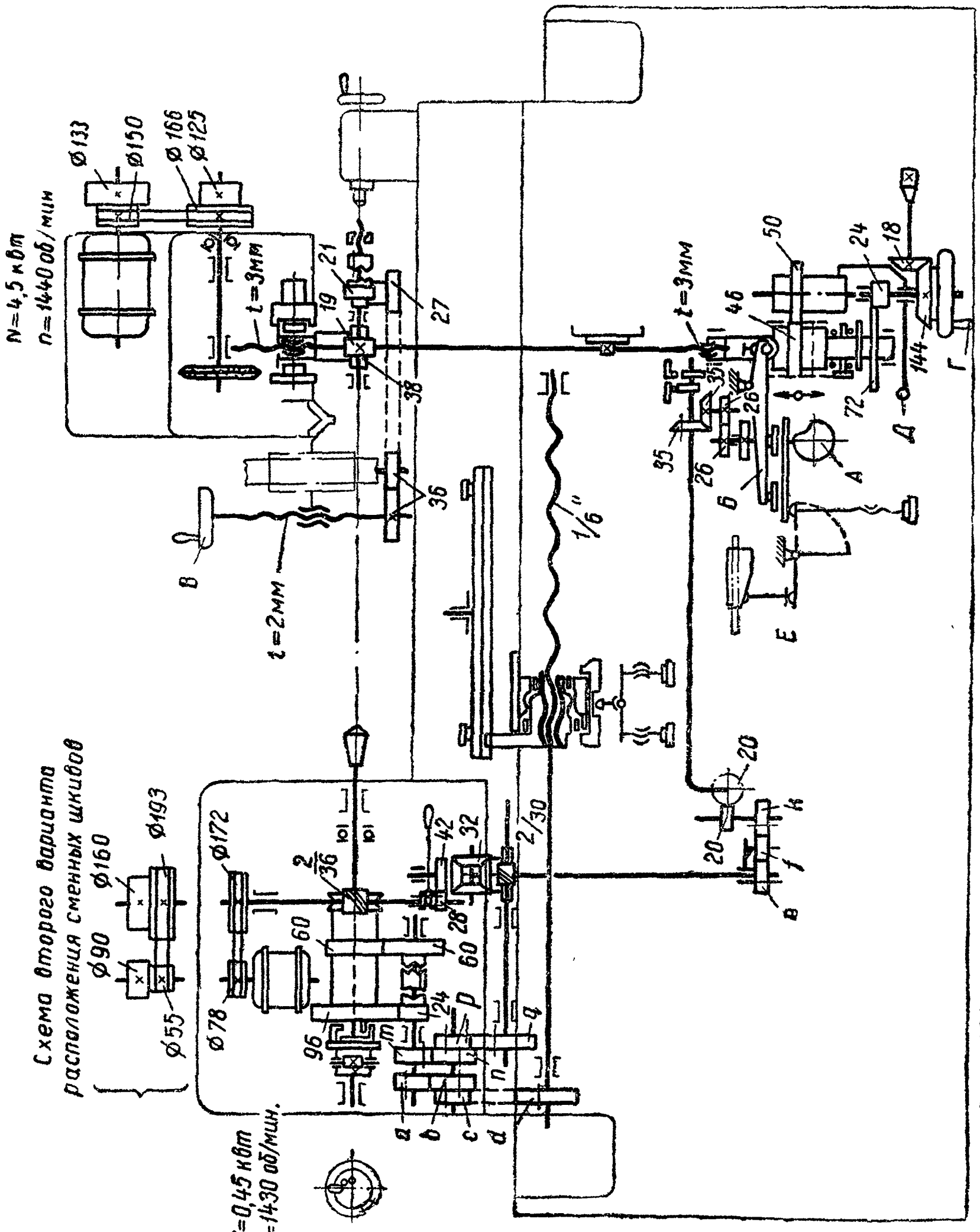
Высота центров, *мм*	105
Расстояние между центрами, *мм*	500
Диаметр шлифуемой резьбы, *мм*:	
однониточным кругом	1—150
многониточным кругом	4—120
Шаг шлифуемой метрической резьбы, *мм*:	
однониточным кругом	0,25—60
многониточным кругом	0,75—4
Шаг шлифуемой дюймовой резьбы (число ниток на 1″):	
однониточным кругом	28—3
многониточным кругом	28—5
Шаг шлифуемой трапецеидальной резьбы, *мм*:	
однониточным кругом	2—6
многониточным кругом	2—40
Размеры шлифовального круга, *мм*:	
диаметр нового круга	400
диаметр изношенного круга	300
диаметр отверстия круга	203
ширина шлифовального круга	10, 20, 40

Все узлы станка смонтированы на чугунной станине. Органы управления расположены на передней части станины. Шлифовальная бабка и стол перемещаются по направляющим. Кинематическая схема станка изображена на фиг. 130.

Главное движение. Шлифовальный круг получает вращение от электродвигателя ($N=4{,}5$ *квт*, $n=1440$ об/мин.) через ступенчатые шкивы ременной передачи.

Вращение детали. Привод шпинделя передней бабки осуществляется от электродвигателя ($N=0{,}45$ *квт*, $n=1430$ об/мин.), который установлен на крышке передней бабки и питается от электромашинного усилителя через клиноременную передачу $\frac{78}{172}$ и червячную передачу $\frac{2}{36}$. Число оборотов изменяется бесступенчато в пределах от 0,3 до 45 об/мин.

Продольное перемещение стола выполняется ходовым винтом с шагом $^1/_6''$, связанным со шпинделем передней бабки зубчатыми колесами. Для настройки станка на шлифование резьбы имеются сменные зубчатые колеса *a*, *b*, *c* и *d*. Если шпиндель сделает один оборот, стол переместится на величину шага шлифуемой резьбы. При шлифовании резьбы нормального шага (до 8 *мм*) движение на ходовой винт передается через колеса $\frac{60}{60}$:



Фиг. 130. Кинематическая схема резьбошлифовального станка модели 5822.

$$t_{ш.р}=1 \text{ об. детали } \frac{60}{60}\cdot\frac{a}{b}\cdot\frac{c}{d}\cdot\frac{25,4}{6},$$

откуда

$$\frac{a}{b}\cdot\frac{c}{d}=\frac{30t_{ш.р}}{127},$$

где $t_{шр}$ — шаг шлифуемой резьбы, *мм*;

25,4 — число миллиметров в одном дюйме, принимаемое при подборе сменных колес равным $\frac{127}{5}$.

При шлифовании резьбы увеличенного шага (свыше 8 *мм*) движение на ходовой винт передается через колеса $\frac{96}{24}$:

$$t_{ш.р}=1 \text{ об. детали } \frac{96}{24}\cdot\frac{a}{b}\cdot\frac{c}{d}\cdot\frac{25,4}{6},$$

откуда

$$\frac{a}{b}\cdot\frac{c}{d}=\frac{15t_{ш.р}}{2\cdot127}.$$

Движение затылования. При затыловании шлифовальный круг периодически приближается к шлифуемой поверхности детали и удаляется от нее. Это достигается путем перемещения шлифовальной бабки по направляющим с помощью кулачка *А*, воздействующего на рычаг *Б*. К станку прилагаются сменные кулачки: первый — для величины затылования от 0,02 до 0,3 *мм* (для метчиков) и второй — для величины затылования от 0,3 до 4 *мм* (для фрез). Форма рабочей кривой кулачка соответствует форме кривой затылуемой поверхности. Подвод и отвод шлифовальной бабки и вращение кулачка связываются кинематической цепью. Если шлифуемая деталь сделает один оборот, кулачок сделает z оборотов, следовательно, шлифовальный круг z раз подойдет и отойдет от детали (z — число зубьев шлифуемой детали):

$$z=1 \text{ об. детали } \frac{36}{2}\cdot\frac{28}{42}\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{e}{f}\cdot\frac{f}{k}\cdot\frac{20}{20}\cdot\frac{35}{35}\cdot\frac{26}{26},$$

где $\frac{1}{2}$ — передаточное отношение дифференциала.

Отсюда передаточное отношение сменных колес гитары затылования будет равно $\frac{e}{f}\cdot\frac{f}{k}=\frac{z}{6}$.

При шлифовании затылованных деталей с винтовыми канавками шлифовальной бабке, помимо основного, сообщается дополнительное возвратно-поступательное движение через гитару диф-

ференциала $\frac{m}{n} \cdot \frac{p}{q}$ и дифференциал. Таким образом, требуется добавочное согласование движений шлифовального круга и инструмента.

Компенсирующая подача шлифовальной бабки. При правке шлифовального круга с помощью рукоятки *В* производят компенсирующую подачу шлифовальной бабки на толщину снимаемого абразивного слоя. Допустим, что правильное устройство переместилось на величину $l_п$; найдем величину перемещения бабки $l_ш$:

$$l_ш = \frac{l_п}{2} \cdot \frac{36}{27} \cdot \frac{21}{21} \cdot \frac{19}{38} \cdot 3, \text{ т. е. } l_п = l_ш.$$

Подача шлифовального круга может быть ручной и автоматической. Ручная подача шлифовального круга необходима для медленного перемещения стола при настройке, быстрого подвода и отвода шлифовального круга и для микронных подач шлифовального круга. Автоматическая подача шлифовального круга выполняется при врезном шлифовании, при шлифовании профилей затылованием и при шлифовании конических резьб.

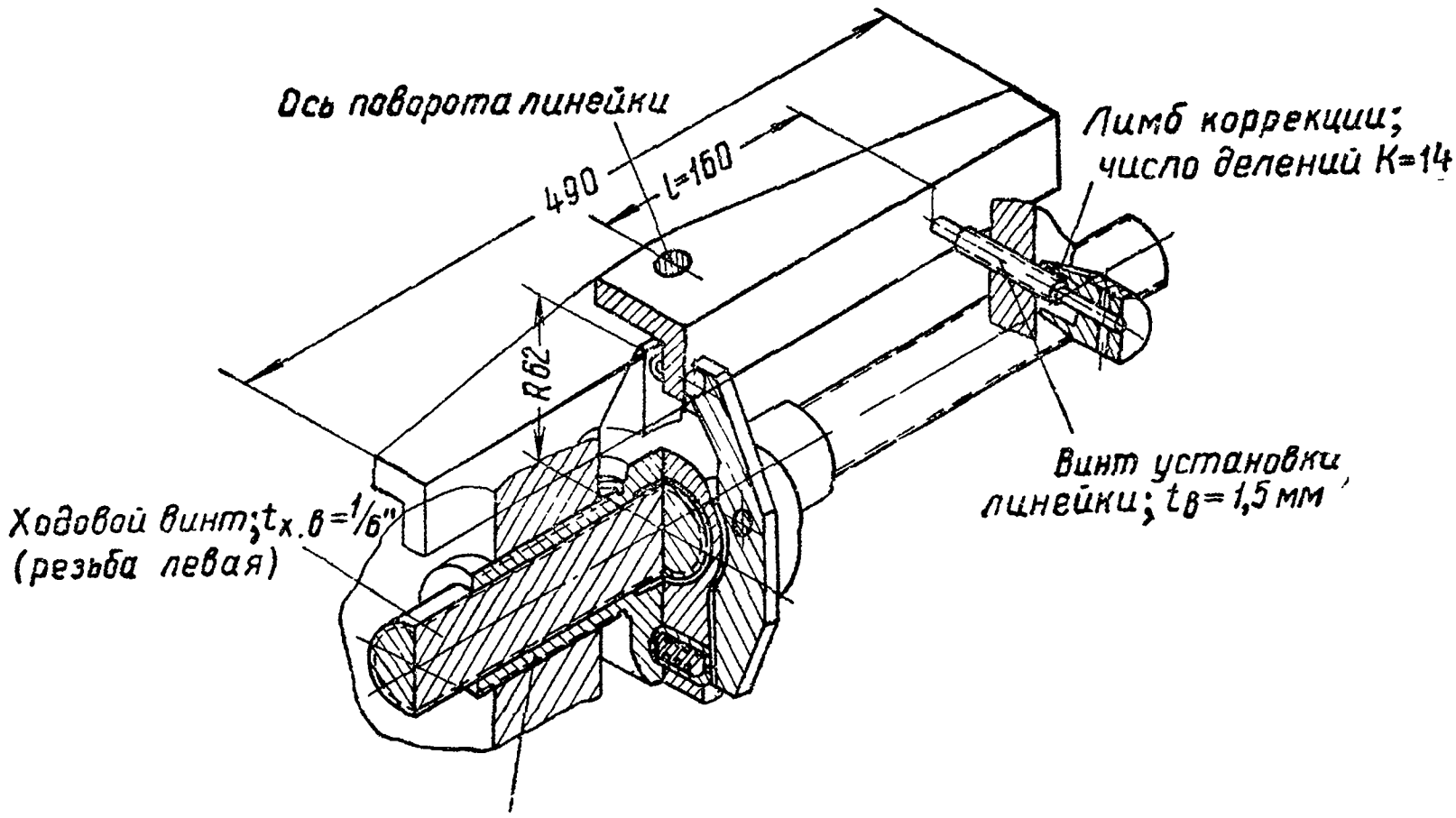
Для медленного перемещения стола при настройке вращают маховичок *Г* посредством зубчатых колес $\frac{24}{72}$, в результате этого начинает вращаться гайка, охватывающая винт с шагом 3 *мм*. Винт не имеет вращательного движения, следовательно, он будет перемещаться вдоль своей оси. Другой конец винта ввернут в гайку, прикрепленную к корпусу шлифовальной бабки. Таким образом, при вращении маховичка *Г* будет перемещаться шлифовальная бабка. За один оборот маховичка *Г* шлифовальная бабка перемещается на 1 *мм*. При наличии лимба, имеющего 200 делений, можно перемещать шлифовальную бабку с точностью до 0,005 *мм*.

Для быстрого подвода и отвода шлифовального круга вращают рукоятку *Е* быстрого хода и приводят во вращение передачу $\frac{50}{46}$. На торце зубчатого колеса *46* имеется торцовый кулачок, которым и осуществляется перемещение винта, связанного со шлифовальной бабкой. Поворот рукоятки *Е* ограничивается фиксаторами. Наибольшая величина перемещения круга при быстром отводе его равна 6 *мм*.

Микронную подачу шлифовального круга получают путем поворота рукоятки червячной передачи (на фиг. 130 не показана), движение от которой передается на рукоят-

ку $Г$ и далее через колеса $\frac{24}{72}$ на гайку винта перемещения бабки. На рукоятке червячной передачи имеется 50 делений. При повороте на одно деление шлифовальная бабка перемещается на 0,0025 *мм*.

Автоматическая подача при врезном шлифовании осуществляется от специального кулачка, получающего движение через кинематическую цепь затылования. Шлифование с затылованием выполняется при рабочем ходе стола в одну сторону.



Фиг. 131. Коррекционная линейка.

Для шлифования конической резьбы в пазу стола укрепляется сменная копирная линейка. Шлифование производят при продольном перемещении стола с деталью и поперечной подаче шлифовальной бабки. Наибольшая конусность шлифуемых резьб 1 : 5.

Коррекционная линейка. Коррекционные линейки применяются для исправления кинематических ошибок цепи и для точной настройки на шаг резьбы и являются дополнительным звеном настройки. Линейка устанавливается под углом к оси станка. Этим вызывается дополнительный поворот гайки винта, используемый для исправления ошибки. В зависимости от угла наклона линейки шаг шлифуемой резьбы может уменьшиться или увеличиться в пределах $\pm$0,2%. На фиг. 131 показана коррекционная линейка станка. Дополнительное перемеще-

ние стола от линейки осуществляется через дифференциальную гайку. Составим уравнение кинематической цепи от шпинделя до ходового винта стола с учетом коррекционной линейки. За один оборот шпинделя передней бабки стол должен пройти путь, равный величине заданного шага шлифуемой резьбы:

$$t_{ш\,р}=1 \text{ об. шп.}\frac{a}{b}\cdot\frac{c}{d}t_{х\,в}\pm\frac{t_{ш\,р}\operatorname{tg}\alpha}{2\pi R}(t_{х\,в}+t_{диф\,г}),$$

где $\frac{a}{b}\cdot\frac{c}{d}$ — сменные колеса резьбовой гитары;

$t_{х\,в}$ — шаг ходового винта, равный $\frac{25,4}{6}$ *мм*;

α — угол наклона линейки;

R — длина плеча рычага поворота гайки, равная 62 *мм*;

$t_{диф\,г}$ — шаг дифференциальной гайки с двухзаходной резьбой, равный 2×4 *мм*;

$t_{ш\,р}$ — точный шаг шлифуемой резьбы, *мм*;

$\frac{a}{b}\cdot\frac{c}{d}t_{х\,в}=t_р$ — шаг шлифуемой резьбы коррекционной линейки.

Разность $t_{ш\,р}-t_р=\Delta t_{ш\,р}$ равна дополнительному перемещению стола, вызываемому наклоном линейки.

Найдем угол наклона линейки:

$$t_{ш\,р}=t_р\pm\frac{t_{ш\,р}\operatorname{tg}\alpha}{2\pi R}-(t_{х\,в}+t_{диф\,г}),$$

или

$$\frac{t_{ш\,р}\operatorname{tg}\alpha}{2\pi R}(t_{х\,в}+t_{диф\,г})=t_{ш\,р}-t_р=\Delta t_{ш\,р},$$

откуда

$$\operatorname{tg}\alpha=\frac{\Delta t_{шр}2\pi R}{t_{ш\,р}(t_{х\,в}+t_{диф\,г})}.$$

Обозначим

$$p=\frac{2\pi R}{t_{хв}+t_{диф\,г}}=\frac{2\pi\cdot62}{\frac{25,4}{6}+4\cdot2}=31,84 \text{ мм},$$

где p — постоянная характеристика коррекционной линейки, следовательно,

$$\operatorname{tg}\alpha=31,84\frac{\Delta t_{ш\,р}}{t_{ш\,р}}$$

Для установки линейки на угол α поворачивают лимб на необходимое число делений K_1:

$$\operatorname{tg}\alpha=\frac{t_в K_1}{Kl},$$

где $t_в = 1{,}5$ *мм* — шаг винта лимба;
$K = 14$ — число делений лимба;
$l = 160$ *мм* — расстояние от оси поворота линейки до оси винта лимба.

Можно записать

$$31{,}84\,\frac{\Delta t_{ш\,р}}{t_{ш\,р}} = \frac{t_в K_1}{Kl},$$

или

$$\Delta t_{ш\,р} = \frac{t_в K_1}{Kl \cdot 31{,}84}\, t_{ш\,р}.$$

При повороте лимба на одно деление дополнительное перемещение стола будет равно

$$\Delta t_{ш\,р} = \frac{1{,}5 \cdot 1}{14 \cdot 160} \cdot \frac{1}{31{,}84} t_{ш\,р} = 0{,}00002 t_{ш\,р}.$$

Найдем необходимое число делений лимба:

$$K_1 = \frac{31{,}84 Kl}{t_в} \cdot \frac{\Delta t_{ш\,р}}{t_{ш\,р}} \approx 50\,000\,\frac{\Delta t_{ш\,р}}{t_{ш\,р}}.$$

Пример. Настроить резьбовую гитару и коррекционную линейку, зная, что шаг шлифуемой резьбы равен $t_{ш\,р} = 6{,}005$ *мм*. Принимаем $t_р = 6$ *мм*, тогда

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{30\,t_р}{127} = \frac{30 \cdot 6}{127} = \frac{120}{127} \cdot \frac{90}{60}.$$

Дополнительное перемещение стола

$$\Delta t_{ш\,р} = 6{,}005 - 6{,}0 = 0{,}005 \text{ мм}.$$

Определим число делений лимба настройки коррекционной линейки:

$$K_1 = 50\,000\,\frac{0{,}005}{6{,}005} = 42.$$

Следовательно, необходимо совершить три полных оборота винта установки линейки $\left(\frac{42}{14} = 3\right)$.

Устройство, компенсирующее люфт в кинематической цепи передней бабки. На левом конце шпинделя передней бабки расположено приспособление для устранения запаздывания в перемещении стола при реверсировании шпинделя. В кинематической цепи, связывающей шпиндель передней бабки и ходовой винт станка, имеются зазоры. Поэтому при реверсировании вращения шпинделя стол станка начинает двигаться не сразу, а только после устранения всех зазоров.

Стол отстает от шпинделя, что может привести к браку шлифуемого изделия. Для устранения этого недостатка установлен компенсатор, который обеспечивает остановку шпинделя на время, необходимое для «выбора» зазоров в кинематической цепи, передающей движение столу станка.

Приспособления станка. Станок снабжен различными приспособлениями:

1) устройством для правки дискового шлифовального круга и многониточного круга при пониженном числе оборотов и для правки фасонного круга;

2) съемное приспособление для внутреннего шлифования;

3) плоскошлифовальное приспособление для шлифования точных зубчатых реек, зуборезных гребенок, плоских плашек;

4) резьбопрофильный микроскоп для контроля профиля круга и шлифуемой резьбы и для облегчения ввода круга в нитку;

5) оптическое делительное устройство для проверки шага шлифуемой резьбы и др.

§ 2. СТАНОК МОДЕЛИ 362В ДЛЯ ЗАТОЧКИ РЕЗЦОВ

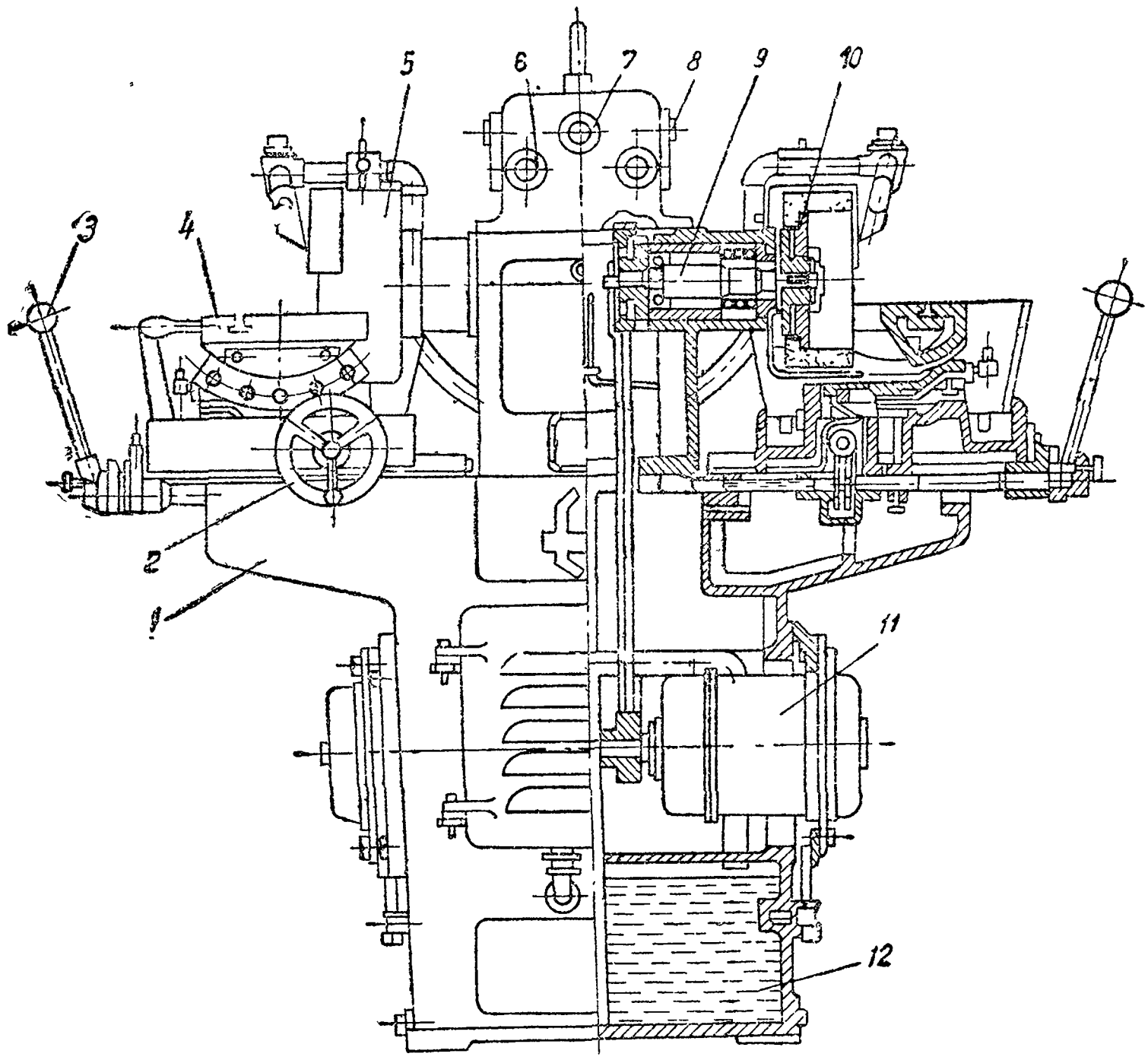
Общие сведения о заточных станках. Большое разнообразие режущего инструмента требует применять для его заточки различные станки, приспособления и измерительный инструмент. По характеру выполняемой работы заточные станки разделяют на неуниверсальные, универсальные и специализированные.

На универсальных станках производится заточка всех видов режущего инструмента. Эти станки снабжены приспособлениями, облегчающими установку и закрепление затачиваемого инструмента. Специализированные станки предназначены для заточки режущего инструмента одного вида, например резцов, сверл, протяжек, червячных фрез.

На фиг. 132 представлен общий вид станка модели 362В для заточки резцов с пластинками из металлокерамических твердых сплавов и некоторых типов призматических и специальных резцов из быстрорежущей стали. Заточка производится чашечным кругом диаметром 250 *мм*. Резец закрепляют на столе *4*, получающем возвратно-поступательное движение от рукоятки *3* и поперечную подачу на круг от маховичка *2*. Станок снабжен двумя шпинделями *9*, приводимыми в движение отдельными электродвигателями *11*, которые находятся внутри станины *1*. На шпинделях укрепляют два шлифовальных круга *10*. Один из кругов предназначен для обдирки державки резца, а другой для заточки пластинки твердого сплава. Окружная скорость кругов зависит от размера шкивов, установленных на валах электродвигателей.

Охлаждающая жидкость подводится к месту заточки по трубопроводу *5* из резервуара *12*.

Направление вращения кругов изменяют переключением электродвигателя. Кнопки электрического управления *6*, *7* и *8* расположены на верхней части бабки шлифовального круга. В зависимости от формы и типа резца его можно затачивать



Фиг. 132. Станок модели 362В для заточки резцов.

с левой или правой стороны круга. Подача стола на круг производится маховичком *2* с любой стороны стола через понижающую передачу. Для заточки резца стол *4* поворачивают в полукруглых направляющих на заданный угол. Резцы устанавливают в приспособлениях, прилагаемых к станку: приспособление для заточки резца по передней и задней граням, приспособление для правки круга и приспособление для закругления вершины резца.

На фиг. 133, *а* показано применение приспособления для заточки резца по задней грани. Установка резца на задний угол производится поворотом стола, а установка резца на углы в плане — поворотом приспособления вокруг вертикальной оси. При-

способление для заточки передней грани резца изображено на фиг. 133, *б*; настройка резца достигается поворотом приспособления в горизонтальной плоскости. Заточка закругления вершины резца производится в поворотном приспособлении, установленном на столе станка (фиг. 133, *в*).

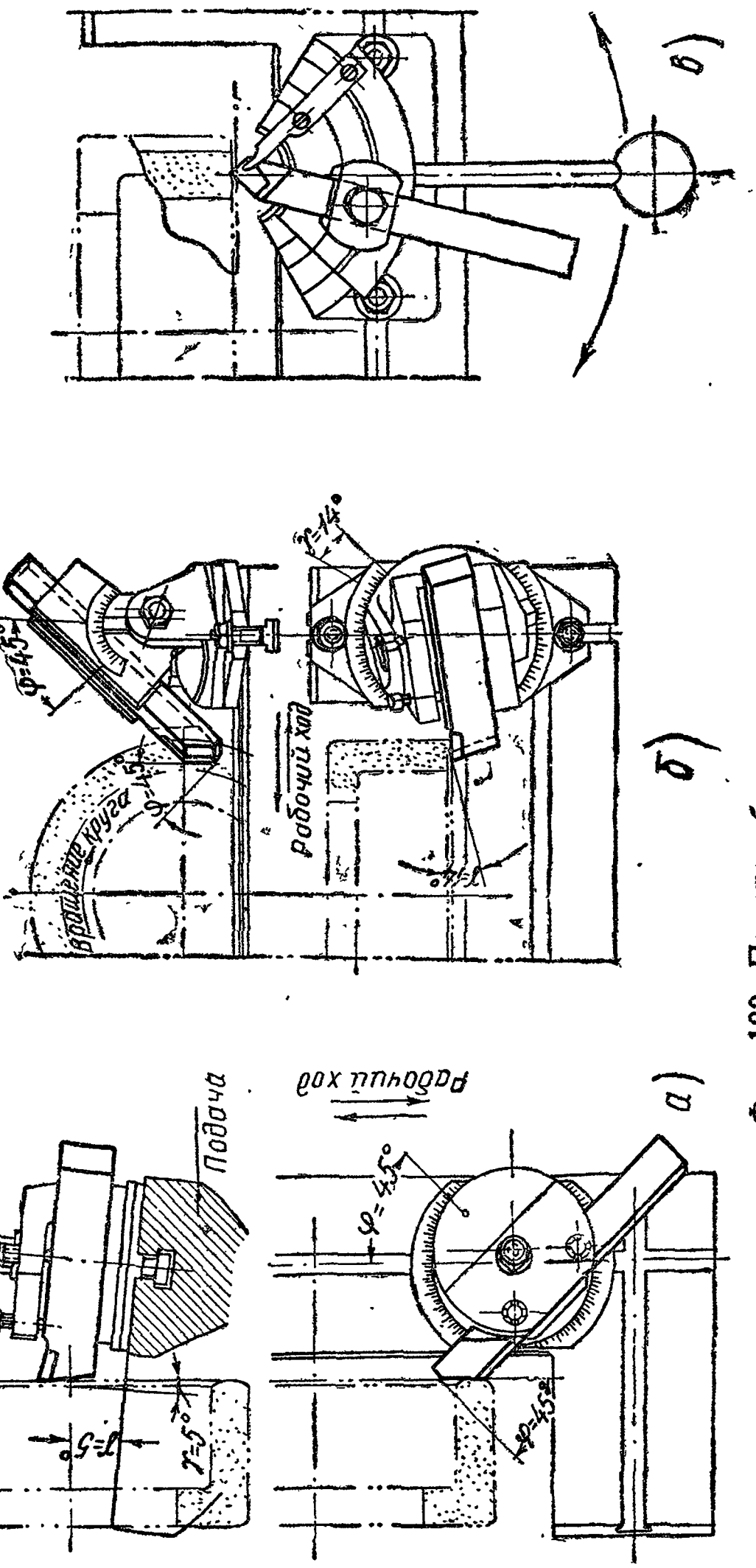
Основные достоинства этого станка: высокая точность заточки углов резца; наличие двух кругов, позволяющих производить пооперационную заточку резцов; возможность предварительной балансировки круга до его установки на станок; возможность его применения как простого заточного станка (стол разворачивают под нужным углом, и он служит подручником). К недостаткам следует отнести ограниченное число затачиваемых форм поверхностей и типов резцов.

Проверка углов заточки резцов. После заточки резцы подвергаются проверке правильности их углов и режущих кромок. Проверка углов заточки резца производится простейшими угловыми шаблонами и универсальными и специальными угломерами.

Доводка резцов. По окончании чистовой заточки режущая кромка резца при большом увеличении представляет собой зазубренное лезвие, а передняя и задняя грани резца выглядят недостаточно гладкими. Эти зазубрины и неровности в процессе резания постепенно увеличиваются и тем самым снижают режущие свойства инструмента и степень чистоты обработанной поверхности детали. Поэтому каждый заточенный инструмент следует доводить. Иногда доводку производят абразивными брусками прямоугольного, квадратного или круглого сечения. Однако для получения высокого качества режущей кромки инструмент следует доводить не брусками вручную, а на специальных устройствах. Доведенный режущий инструмент имеет повышенную стойкость.

Доводка резцов производится на вращающемся чугунном диске. Рабочая поверхность этого диска покрывается доводочным материалом — пастой. Диаметр диска 200—250 *мм*, средняя скорость вращения его 0,8—2,0 *м/сек*. Резец доводят вначале по передней грани, а затем по задней. Перед доводкой каждой грани стол подручника устанавливают под заданным углом.

Доводка резцов из быстрорежущей стали производится грубой пастой ГОИ, имеющей следующий состав (в % по весу): окись хрома — 80; силикагель — 3; стеарин — 15; керосин — 2. Твердосплавные резцы доводят при помощи одной из паст следующих составов (в % по весу): карбид бора — 75; стеарин — 15; вазелин — 8; керосин — 2 или же карбид бора 70—60; парафин — 30—40. Прежде чем нанести пасту на чугунный диск, его необходимо протереть тряпкой или войлочным помазком, слегка смоченным керосином. На протертый чугунный диск наносят слой



Фиг. 133. Приспособления для заточки резца:
а — по задней грани; *б* — по передней грани; *в* — по дуге при вершине.

пасты в разных направлениях, затем слой выравнивают затачиваемой деталью.

Заточка и доводка алмазными кругами режущих инструментов, оснащенных пластинками твердого сплава. Доводка алмазными кругами по сравнению с доводкой пастой из карбида бора повышает производительность труда (по машинному времени) более чем в 4 раза. Чистота поверхности достигается до 12—13 класса, а при шлифовании кругами из карбида кремния чистота поверхности не превышает 8—9 класса. Алмазными кругами производят чистовую заточку и доводку пластинок из твердого сплава.

В табл. 10 приведены формы и размеры алмазных кругов для доводки твердосплавного инструмента. Режимы заточки и доводки такого инструмента алмазными кругами на органической связке зернистостью от 100 до М40 рекомендуются следующие:

Окружная скорость алмазного круга, *м/сек*	30—50
Чистовая заточка:	
поперечная подача $s_{поп}$, *мм/дв.ход*	0,01—0,02
продольная подача $s_{пр}$, *мм/мин*	200—800
Доводка:	
поперечная подача $s_{поп}$, *мм/дв.ход*	0,01
продольная подача $s_{пр}$, *мм/мин*	200

§ 3. УНИВЕРСАЛЬНО-ЗАТОЧНЫЙ СТАНОК МОДЕЛИ 3А64М*

Универсально-заточные станки отличаются друг от друга незначительно. Поэтому приведем описание одного универсально-заточного станка модели 3А64М (фиг. 134), который предназначен для заточки основных видов режущего инструмента. С помощью приспособлений на этом станке можно производить круглое наружное и внутреннее шлифование, а также плоское шлифование. Заточка инструментов осуществляется путем ручного перемещения стола с укрепленным на нем инструментом. Станок модели 3А64М обеспечивает большую точность выполняемых работ, имеет жесткую конструкцию. Он удобен в управлении, так как расположение маховичков и рукояток дает возможность станочнику находиться с любой стороны станка, в зависимости от характера выполняемой работы.

Станина заточного станка *13* коробчатой формы с поперечными направляющими, по которым перемещается суппорт *5* с помощью маховичка *9*. В верхней части этого суппорта имеются продольные направляющие, по которым передвигается стол *4*.

---

* При описании станка использован проспект Витебского станкостроительного завода им. Кирова.

Таблица 10

Характеристика алмазных инструментов для доводки режущих инструментов
(по нормали ВНИИАлмаз Н-ОН-39-1-57)

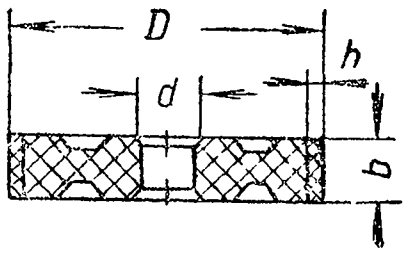
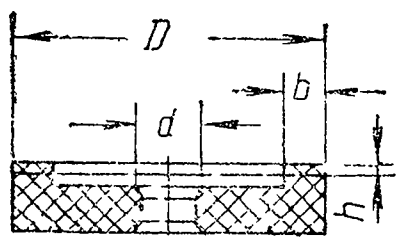
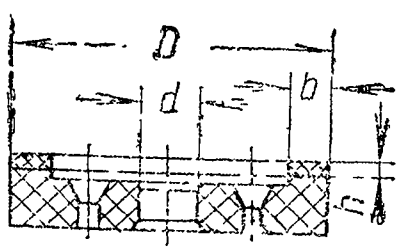
Форма сечения		Условное обозначение круга	Основные размеры в *мм*				Вес алмазов в каратах	Назначение
			D	*b*	*h*	*d*		
Плоские прямого профиля		АПП	100	10	3	20	20	Доводка разверток и зенкеров по диаметру на круглошлифовальных станках
			150	15		32	46	
			200	10		75	41	
				20		32	82	
						75		
Чашки цилиндрические		АЧЦ1	150	3	3	16 или 32	9	Доводка резцов на заточных станках
				5			15	
				10			29	
				20	1,5		27	
					3		54	
		АЧЦ2	150	3	3	32	9	То же
				5			15	
				10	1,5		29	
				20			27	
					3		54	

Таблица 10 (продолжение)

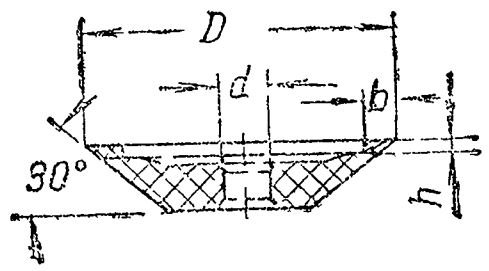
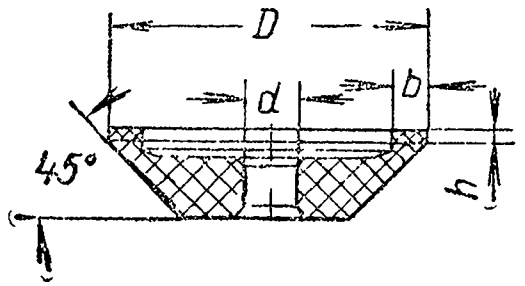
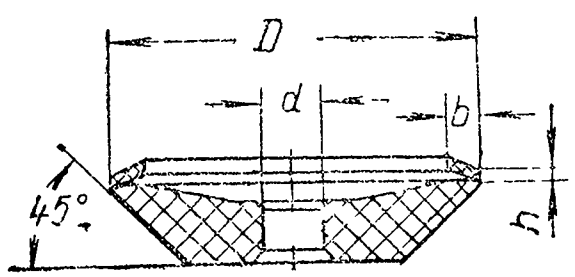
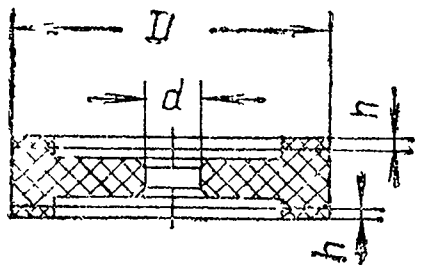
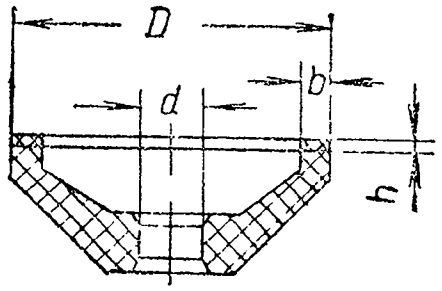
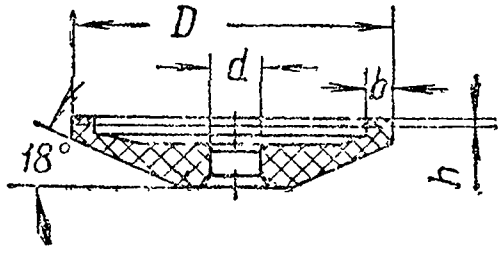
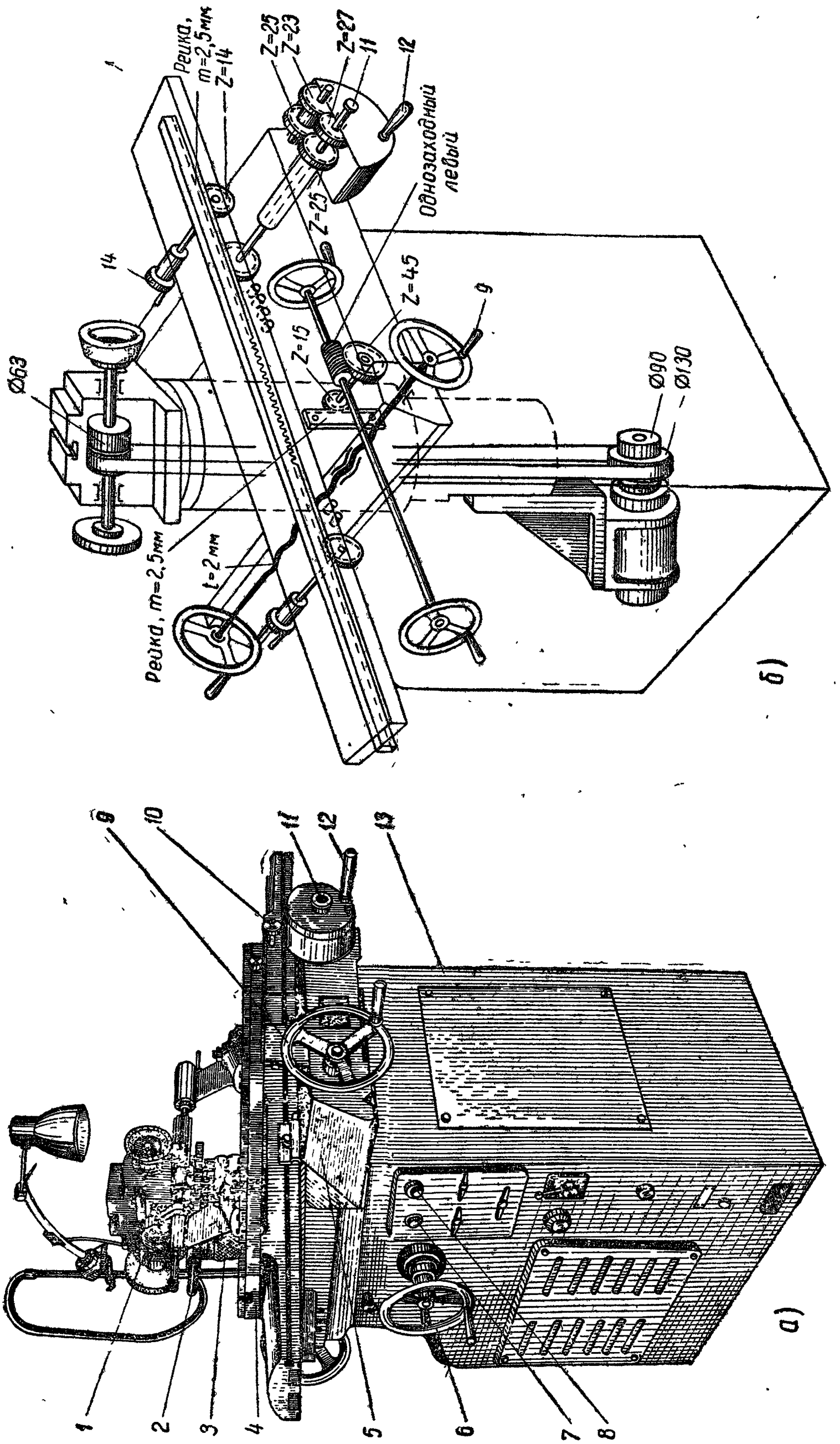
Форма сечения	Условное обозначение круга	Основные размеры в *мм*				Вес алмазов в каратах	Назначение
		D	*b*	*h*	*d*		
Тарелки 	А30Т	75	2	3	20	4	Доводка мелкомодульных фрез
	А45Т	75	3	1,5 3	20	2,5 5	Доводка многолезвийного инструмента с прямым зубом и углом профиля канавок больше 50° на универсально-заточных станках
		125	5	1,5 3	32	6 12	
			8	1,5 3		9,5 19	
	АТК	75	3	1,5 3	20	2,5 5	Доводка многолезвийного инструмента с винтовым зубом на универсально-заточных станках
			5	1,5 3		3,5 7	
		125		1,5 3	32	6 12	
			8	1,5 3		9,5 19	

Таблица 10 (окончание)

Форма сечения		Условное обозначение круга	Основные размеры в *мм*				Вес алмазов в каратах	Назначение
			D	*b*	*h*	*d*		
Двухсторонние		АС	150	3	3	16	18	Доводка резцов на заточных станках
				5			30	
				10			58	
				20	1,5		54	
					3		103	
Чашки конические		АЧК	50	3	3	10	3	Доводка многолезвийного режущего инструмента на универсально-заточных станках
			75			20	4,5	
				5			7	
			100	8			15	
			125	10	1,5	32	12	
					3		24	
				15	1,5		17	
					3		34	
Тарелки		А18Т	75	3	1,5	20	2,5	Доводка на универсально-заточных станках многолезвийного инструмента с прямым зубом и углом профиля канавок не более 50°
			100	5		32	5	
			125				6	



Фиг. 134. Универсально-заточный станок модели 3А64М:
а — общий вид; б — кинематическая схема.

Техническая характеристика станка модели 3А64М

Высота центров, *мм*	125
Расстояние между центрами передней и задней бабки, *мм*	650
Расстояние между центрами универсальной головки и задней бабки, *мм*	400
Расстояние между осью шлифовальных кругов и линией центров, *мм*:	
наименьшее	70
наибольшее	300

Стол

Поверхность стола (длина×ширина), *мм*	920×134
Наибольшее перемещение, *мм*:	
продольное	400
поперечное	230
Наибольший угол поворота стола	±60°
Поперечное перемещение стола на одно деление лимба, *мм*	0,02
Поперечное перемещение стола на один оборот лимба, *мм*	2,0

Бабка шлифовального круга

Наибольший угол поворота бабки	270°
Наибольшее вертикальное перемещение бабки, *мм*:	
выше линии центров	150
ниже линии центров	55
Вертикальное перемещение бабки на одно деление лимба, *мм*	0,02
Наибольший диаметр шлифовального круга, *мм*	150

Механизм главного движения

Число оборотов шлифовального круга, об/мин.:	
на малом шкиве электродвигателя	2000 и 4020
на большом шкиве электродвигателя	2900 и 5820

Привод станка

Электродвигатель привода главного движения:	
мощность, *квт*	0,75/1,0
число оборотов, об/мин	1420/2850

Направляющие стола опираются на ролики, чем достигается легкость его перемещения. Чтобы ролики не сбивались, они соединены в цепи. Верхняя часть стола *4* может быть установлена под углом к направлению движения стола с помощью рукоятки *10*. Бабка шлифовального круга *1*, установленная на круглой колонке *3*, может вместе с ней посредством рукоятки *2* повора-

чиваться на заданный угол. Вертикальное перемещение колонки и бабки шлифовального круга осуществляется вращением маховичка *6*. Быстрое продольное перемещение стола производится рукояткой *14*, а медленное — вращением рукоятки *12*. Переключение скоростей перемещения стола выполняется кнопкой *11*. Пуск и остановка электродвигателя производится нажатием кнопок *7* и *8*. Снаружи стол имеет Т-образный паз, в котором закрепляются упоры, ограничивающие ход стола.

Кинематическая схема. На станке осуществляются следующие движения:

1) вращение шлифовального шпинделя;
2) продольное перемещение стола;
3) поперечное перемещение стола;
4) вертикальное перемещение колонки.

Вращение шлифовального круга производится от двухскоростного электродвигателя ($N=0{,}75/1{,}0$ *квт*, $n=1420/2850$ об/мин.) через ременную передачу. На валу электродвигателя установлен двухступенчатый шкив с диаметрами 130 и 90 *мм*. Подсчитаем числа оборотов шлифовального шпинделя: $n_1=1420\cdot\frac{90}{63}\approx 2000$ об/мин.; $n_2=1420\cdot\frac{130}{63}\approx 2900$ об/мин.; $n_3=2850\cdot\frac{90}{63}\approx 4000$ об/мин.; $n_4=2850\cdot\frac{130}{63}\approx 5880$ об/мин.

Медленное продольное перемещение стола осуществляется рукояткой *12* через планетарную зубчатую передачу, состоящую из колес $z=25$; $z=25$; $z=23$ и $z=27$. Передаточное отношение равно:

$$i=1-\frac{25}{25}\cdot\frac{23}{27}=\frac{4}{27}.$$

Планетарная передача включается кнопкой *11*. Продольное перемещение стола *4* за один оборот рукоятки *12* равно:

$$1\cdot\frac{4}{27}\pi\cdot 14\cdot 2{,}5=16 \text{ мм}.$$

Быстрое продольное перемещение стола за один оборот рукоятки *14* равно:

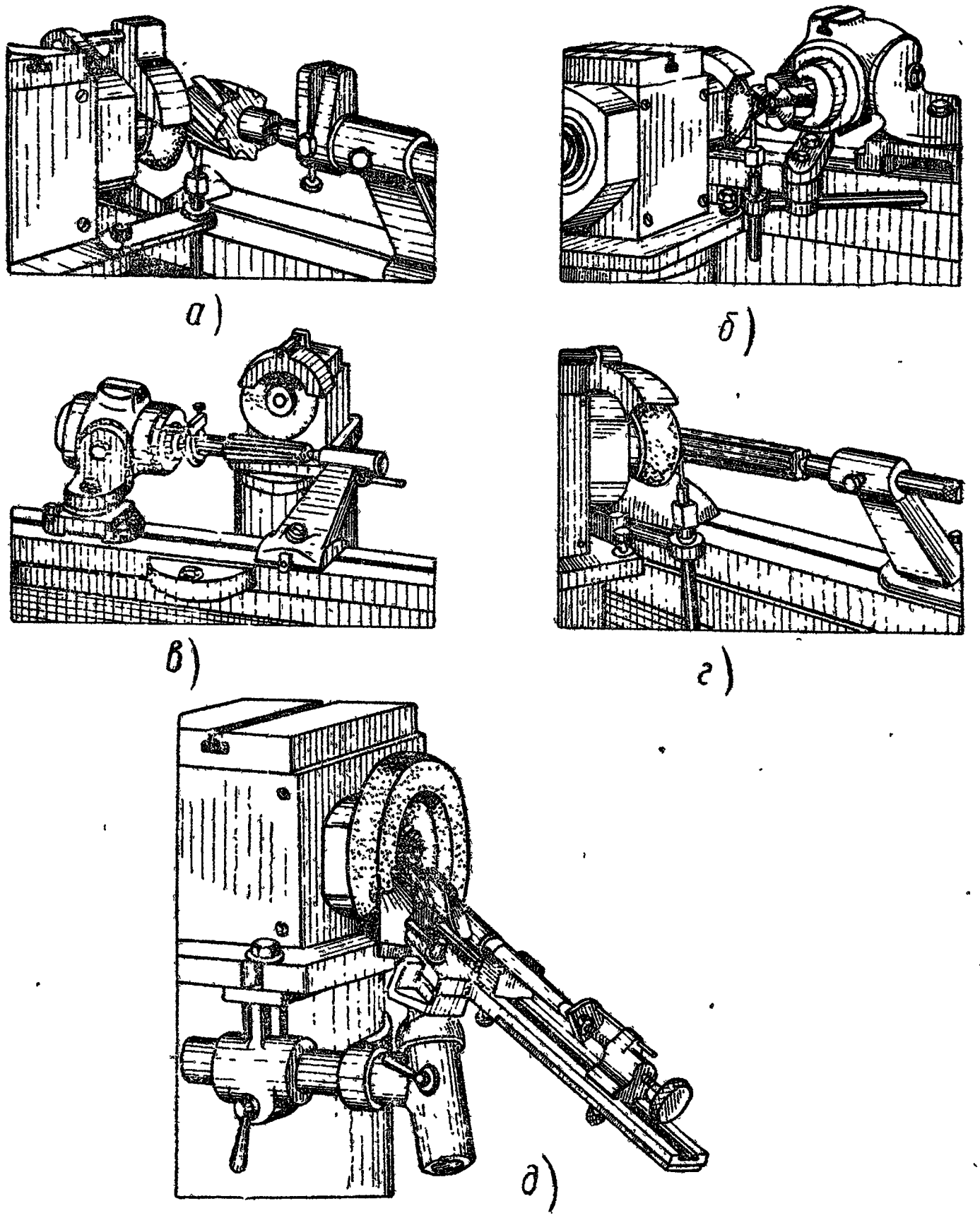
$$1\cdot\pi\cdot 14\cdot 2{,}5=110 \text{ мм}.$$

Поперечное перемещение стола производится вращением маховичка *9*, укрепленного на ходовом винте с шагом $t=2$ *мм*. Следовательно, за один оборот маховичка *9* стол в поперечном направлении переместится на 2 *мм*.

Бабка шлифовального круга перемещается в вертикальном направлении маховичком *6* через червячную передачу $\frac{1}{45}$

и реечное колесо, имеющее 15 зубьев. Поэтому за один оборот маховичка *6* бабка шлифовального круга переместится в вертикальном направлении на величину

$$1 \cdot \frac{1}{45}\pi \cdot 15 \cdot 2{,}5 = 2{,}61 \text{ мм.}$$



Фиг. 135. Заточка режущего инструмента на станке модели 3А64:
а — цилиндрической фрезы с винтовым зубом, *б* — торцовой части фрезы; *в* — конической развертки; *г* — цилиндрической развертки; *д* — спирального сверла.

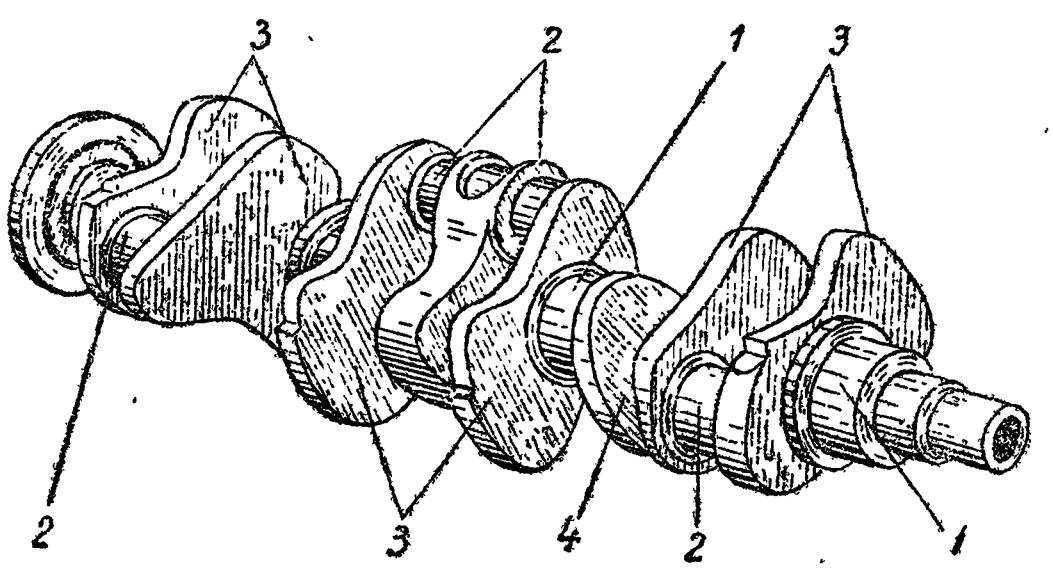
Примеры заточки, выполняемой на станке модели 3А64М, показаны на фиг. 135. Станок оснащен различными приспособлениями, часть из которых входит в комплект станка, часть прилагается по особому заказу. Эти приспособления расширяют круг работ, выполняемых на станке.

§ 4. СТАНКИ ДЛЯ ШЛИФОВАНИЯ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

Шлифование шеек коленчатых валов (фиг. 136) относится к сложным шлифовальным операциям. Эта сложность обусловливается:

1) особенностями конструкции коленчатого вала (шлифуемые шейки располагаются на параллельных осях, невысокая жесткость при относительно большой длине вала, неуравновешенность вращающихся масс при шлифовании шатунных шеек);

2) высокими требованиями к точности размеров шеек и качеству шлифуемых поверхностей.

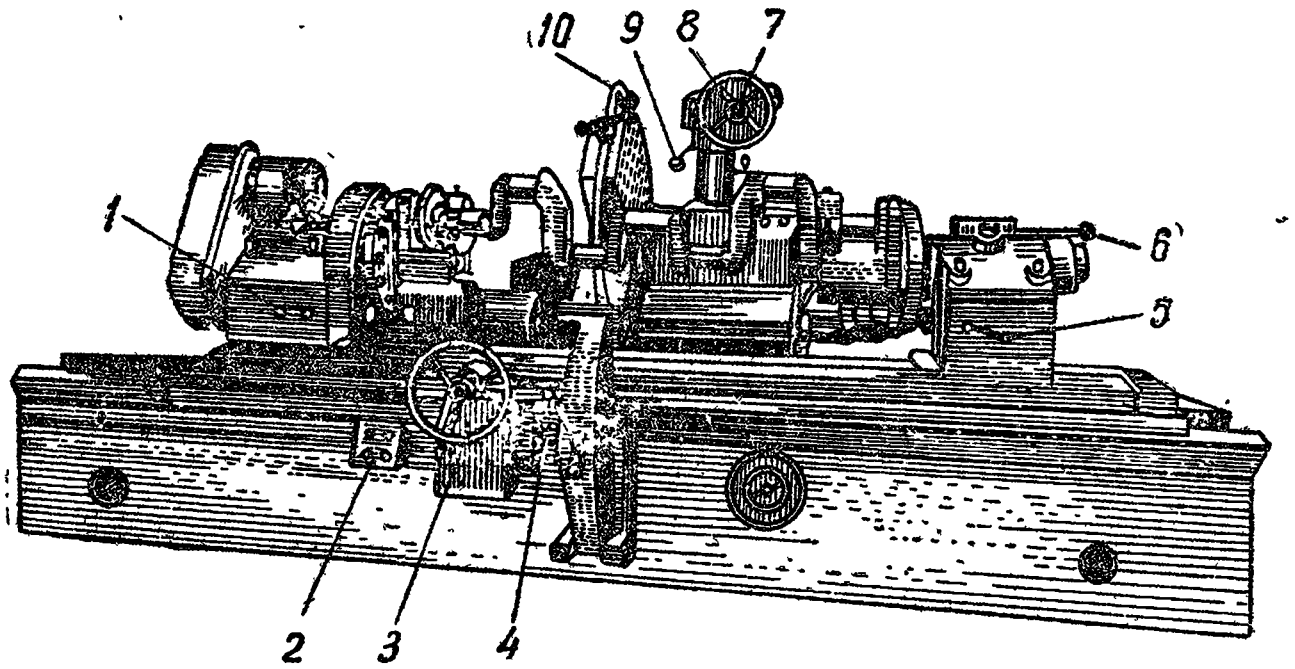


Фиг. 136. Коленчатый вал:
1 — коренные шейки; *2* — шатунные шейки; *3* — противовесы; *4* — щеки.

Станки для шлифования коленчатых валов делятся на универсальные — для шлифования коренных и шатунных шеек коленчатых валов различных типоразмеров; специальные — для шлифования коренных или шатунных шеек коленчатого вала одного определенного типоразмера.

Универсальный станок для шлифования коленчатых валов. Эти станки применяются главным образом для шлифования шатунных шеек коленчатых валов автотракторных деталей на авторемонтных заводах и ремонтно-технических станциях. Коленчатый вал — сложная деталь двигателя, и при капитальном ремонте двигателя он не заменяется, а восстанавливается. Восстановление состоит в том, что износившиеся шейки коленчатого вала перешлифовывают на меньший размер. Из универсальных станков, применяемых для шлифования коленчатых валов, назовем станки моделей 3420 и 3423. Эти станки близки по конструкции и отличаются только размерами. Так, на станке модели 3420 можно шлифовать коленчатые валы длиной до 1000 *мм*, а на станке модели 3423 — длиной до 1600 *мм*. На фиг. 137 показан станок модели 3423.

Передняя бабка (фиг. 138). Вращение шпинделю *2* передается от электродвигателя *1* посредством двух ременных передач, промежуточного вала *7* и цепной передачи. Шпиндель имеет три числа оборотов, получаемых перестановкой клиновидного ремня в трехручейных шкивах. Натяжение ремней и бесшумной цепи осуществляется натяжными роликами. На переднем конце шпинделя насажена планшайба, на которой укреплен патрон для шлифования шатунных шеек вала или поводок при работе в центрах. При шлифовании шатунных шеек шпиндель *2* должен вращаться, поэтому винты *3* необходимо зажать, а стопорный



Фиг. 137. Станок модели 3423 для перешлифовки коленчатых валов:

1 — рукоятка стопора планшайбы передней бабки; *2* — кнопочная станция пуска и остановки электродвигателей; *3* — маховичок ручного перемещения стола; *4* — рукоятка зажима люнета; *5* — рукоятка стопора планшайбы задней бабки; *6* — рукоятка отжима пиноли задней бабки; *7* — рукоятка компенсации износа шлифовального круга; *8*— маховик подачи шлифовальной бабки; *9* — рукоятка фиксатора быстрого отвода шлифовальной бабки; *10* — кран охлаждающей жидкости.

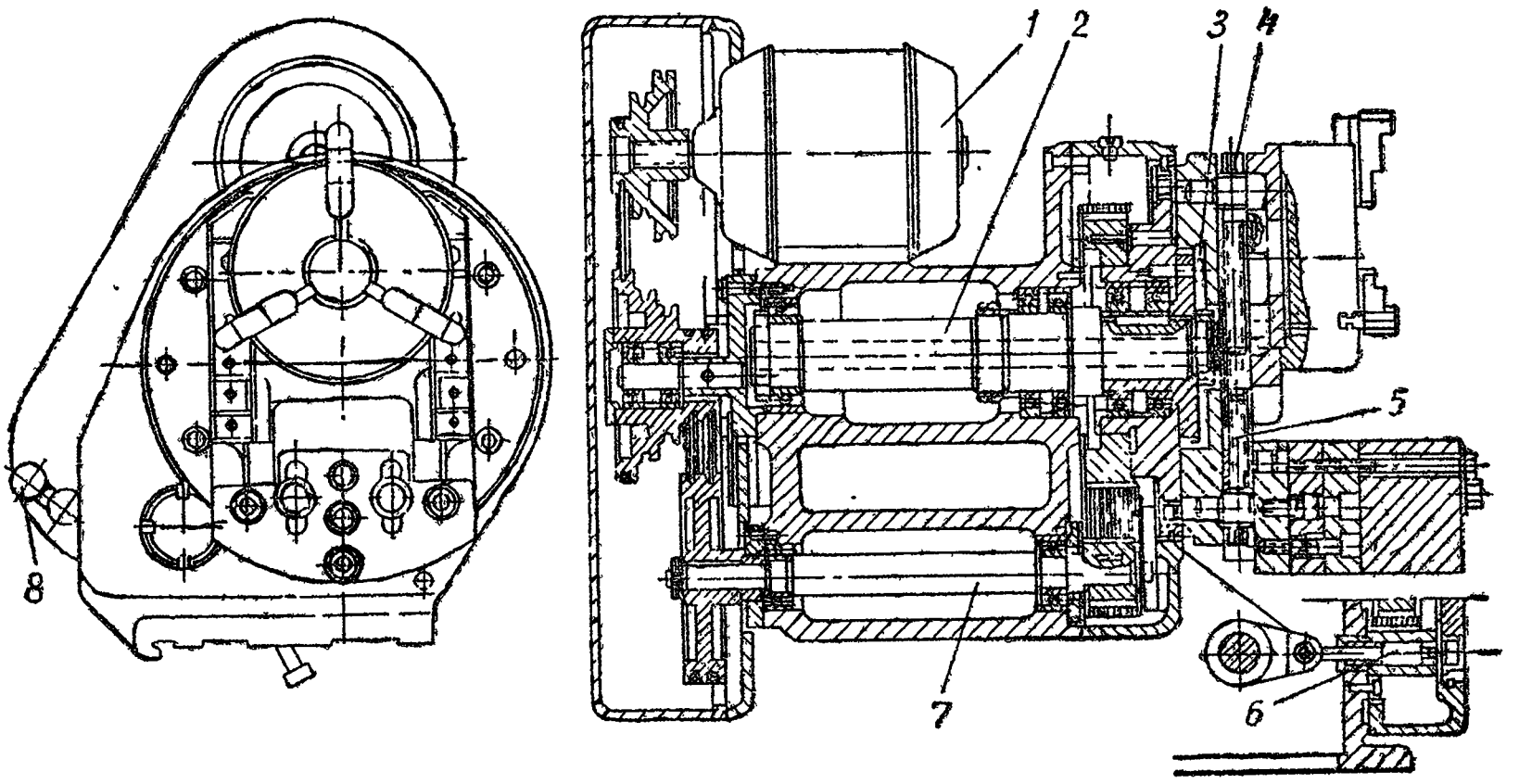
винт ослабить. В планшайбах передней и задней бабок имеется по одному отверстию с втулкой, в которые входят фиксаторы *6*, дающие возможность установить обе планшайбы в определенном положении. Если необходимо, чтобы планшайбы свободно вращались, фиксаторы выводят из отверстий эксцентричными рычагами *8*. Трехкулачковые самоцентрирующие патроны или призматические зажимы можно смещать от центра по планшайбе, обеспечивая крепление коленчатых валов с различными радиусами кривошипов (от 0 до 110 *мм*). Винтом *4* перемещают самоцентрирующий патрон по направляющим планшайбы, а винтом *5* — балансировочные грузы.

Задняя бабка. Шпиндель задней бабки вращается в подшипниках. Конструкция планшайбы задней бабки такая же, как

и планшайбы передней бабки. Для шлифования в центрах внутри шпинделя задней бабки имеется пиноль.

Люнет. Люнет постоянно закреплен на станине станка перед шлифовальным кругом. Корпус люнета имеет шарнир, позволяющий быстро отводить его от коленчатого вала.

Наладка станка для шлифования шатунных шеек. При установке коленчатого вала зажимные патроны передней и задней бабок фиксируются в верхнем положении. Затем по масштабным линейкам планшайбы устанавливается ра-

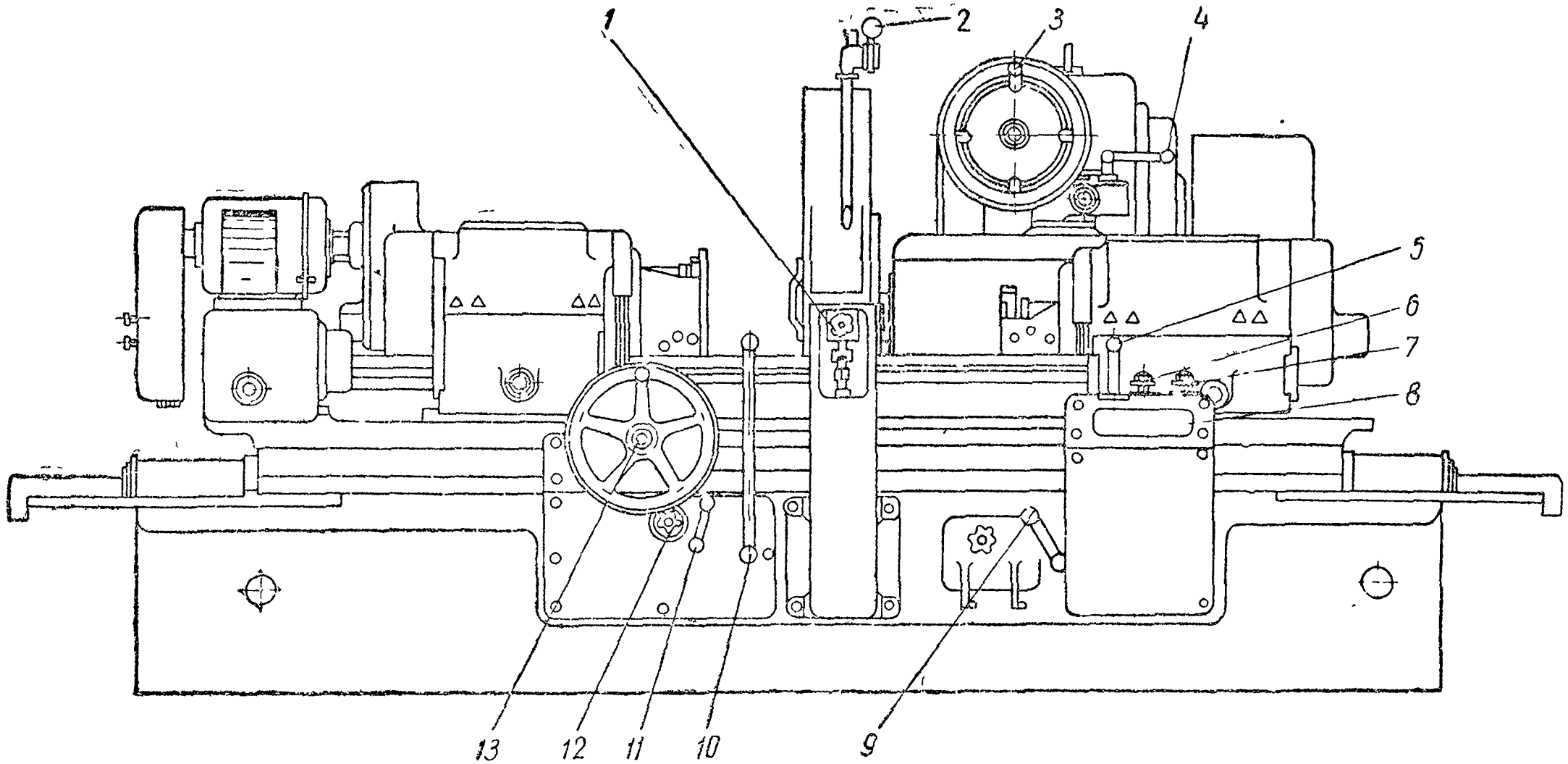


Фиг. 138. Передняя бабка станка модели 3423.

диус кривошипа. После этого к шейкам вала подводят кулачки патрона и специальными приборами выверяют вал по горизонтали и вертикали. Затем вал зажимают в патроне или призмах и приступают к окончательной выверке по индикатору, после чего закрепляют винтами кулачки патрона. Прежде чем начать шлифование, установленный вал следует тщательно отбалансировать. Балансирование производят перемещением грузов на планшайбах передней и задней бабок.

Специальный станок для шлифования коленчатых валов. Примером специального станка для шлифования шатунных шеек коленчатого вала может служить станок модели 3А421 (фиг. 139). Эти станки выпускаются станкостроительными заводами для определенных коленчатых валов согласно чертежам и техническим условиям заказчика.

Станок гидрофицирован. С помощью гидравлического привода осуществляются следующие движения:



Фиг. 139. Станок модели 3А421 для шлифования шатунных шеек коленчатых валов:

1 — рукоятка перемещения кулачка люнета, *2* — рукоятка включения крана охлаждающей жидкости; *3* — маховичок ручной подачи шлифовальной бабки; *4* — рукоятка осевого перемещения шпинделя; *5* — рукоятка подвода и отвода шлифовальной бабки, люнета и зажима шлифуемой детали; *6* — регулирование скорости подачи при подрезке буртиков шейки вала, *7* — регулирование скорости врезания круга, *8* — кнопочная станция; *9* — ручное управление стопором, *10* — рукоятка гидравлического перемещения стола; *11* — рукоятка управления режимом работы станка. *12* — регулирование скорости стола; *13* — маховичок ручного перемещения стола.

1) продольное перемещение стола;
2) быстрый подвод, отвод и подача шлифовальной бабки;
3) быстрый подвод и отвод люнетов;
4) закрепление и раскрепление шлифуемой детали.

Техническая характеристика станка модели 3А421

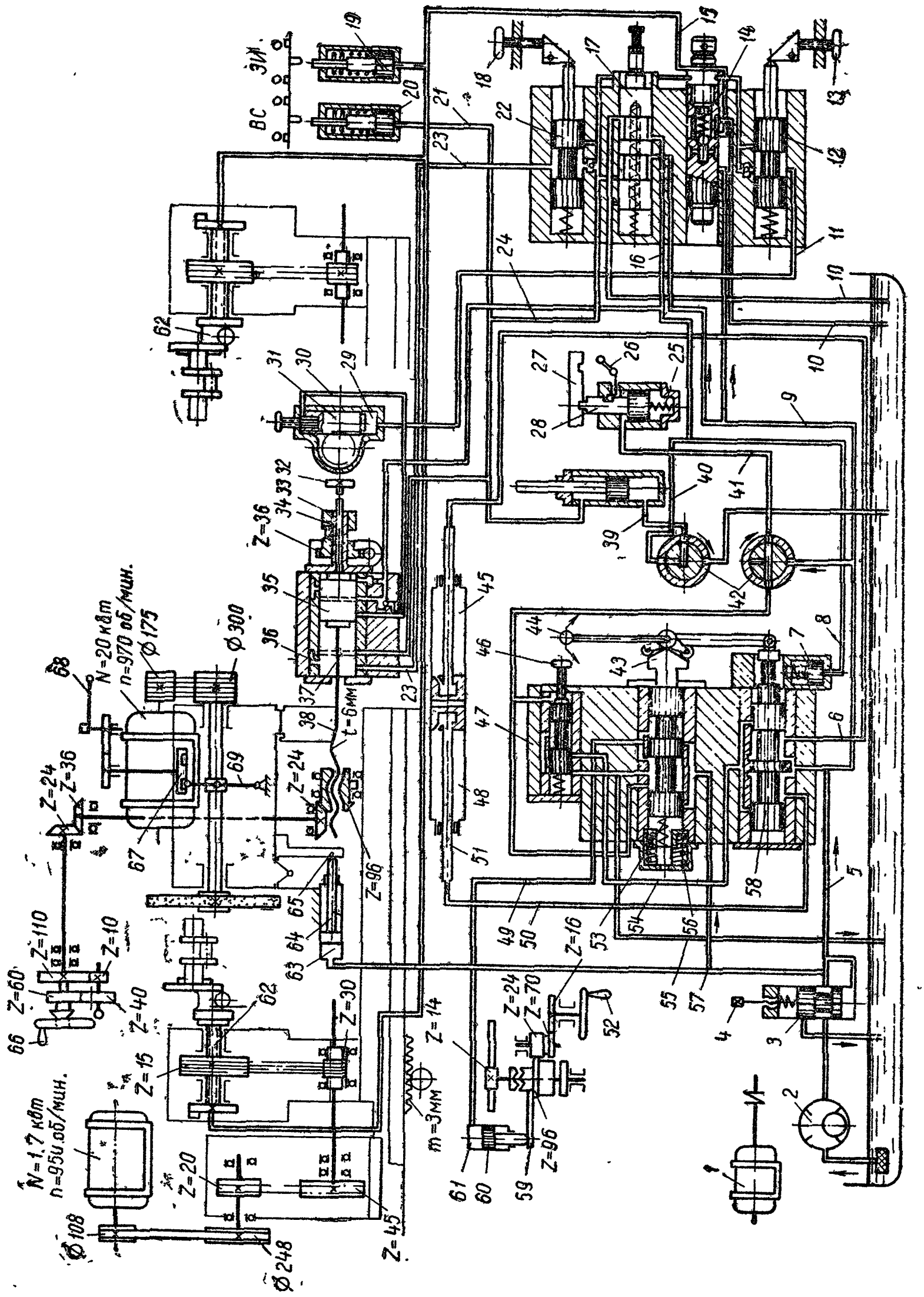
Наибольшее расстояние между центрами, *мм*	1100
Высота центров над столом, *мм*	270
Диаметр шлифования в люнетах, *мм*:	
наибольший	90
наименьший	40
Наибольшее продольное перемещение стола, *мм*	900
Скорость бесступенчатого перемещения стола, *м/мин*	0,15—5,5
Число оборотов шпинделя круга, об/мин.	560
Окружная скорость шлифовального круга, *м/сек*:	
наибольшая (диаметр круга 1100 *мм*)	35
наименьшая (диаметр круга 750 *мм*)	24
Перемещение шлифовальной бабки, *мм*:	
с помощью ходового винта	200
с помощью гидравлики	100
Наибольшая величина хода врезания (рабочая подача), *мм*	0,8
Скорость вращения шлифуемой детали, об/мин.	70

На фиг. 140 показана гидрокинематическая схема станка модели 3А421. Лопастный насос *2* производительностью 35 *л/мин* приводится в движение электродвигателем *1* ($N=1{,}7$ *квт*, $n=930$ об/мин.). Масло из резервуара засасывается насосом и через разгрузочно-предохранительный клапан *3* по трубопроводам подается в гидравлические механизмы станка. Давление в гидравлической системе предусмотрено 10—12 *кг/см²*; величина давления регулируется винтом *4*. Давление масла в гидравлической системе контролируется манометром.

Привод шлифовального круга. Вращение шлифовального круга осуществляется электродвигателем ($N=20$ *квт*, $n=970$ об/мин.), установленным на корпусе шлифовальной бабки, посредством клиноременной передачи $\frac{175}{300}$.

Привод шлифуемой детали. Шлифуемая деталь получает вращение от электродвигателя ($N=1{,}7$ *квт*, $n=950$ об/мин.) через ременную передачу $\frac{108}{248}$, цепную передачу $\frac{20}{45}$, и далее через цепную передачу $\frac{30}{75}$ вращение передается шпинделю передней и задней бабок и, следовательно, на шлифуемую деталь.

Продольное перемещение стола. Перемещение стола можно производить вручную или с помощью гидравлической системы. Гидравлическое перемещение стола осуществляется рукояткой *44*; при повороте рукоятки вправо или влево стол пе-



Фиг. 140. Гидрокинематическая схема станка модели 3А421.

ремещается вправо или влево. Возвращение рукоятки в вертикальное положение происходит автоматически, как только прекратится передача усилия рабочего на нее. Это соответствует остановке стола. Золотник *43* перемещается влево независимо от того, в какую сторону будет наклонена рукоятка *44*. Золотник *58* перемещается в сторону, противоположную наклону рукоятки.

Стол имеет две скорости движения: замедленную регулируемую и ускоренную постоянную. Перемещение стола происходит в том случае, когда стопор *28* выведен из гнезда делительной линейки *27*. Вывод стопора производится гидравлически или же вручную с помощью рукоятки *26*. Золотник *43* перемещается влево, преодолевая давление пружины *53*, до упора в сильную пружину *56*. При этом масло от насоса по трубопроводу *5*, в зависимости от наклона рукоятки, поступает в левую *48* или правую *45* полость цилиндра стола по трубопроводам *50* или *6* через шток *51*. Из противоположной полости цилиндра масло через золотник *58* по трубопроводу *54* направляется в дроссель *47* и по трубопроводу *55* на слив. Рукояткой *46* осуществляется регулирование скорости замедленного перемещения.

Для ускоренного перемещения стола необходимо рукоятку *44* наклонить на больший угол, чтобы преодолеть давление пружины *56*. При этом масло по трубопроводу *57* через золотник *43* и каналы *41* направляется под стопор *28* и, преодолев давление пружины *25*, выводит его из гнезда делительной линейки. Тем самым стол получает возможность перемещаться. При подходе очередного гнезда делительной линейки к стопору следует замедлить скорость движения стола путем ослабления нажатия на рукоятку *44*.

При гидравлическом перемещении стола масло по трубопроводу *49* поступает в цилиндр *61* и перемещает плунжер *60*. Этим плунжером муфта *59* выводится из соединения с зубчатым колесом $z=96$. Продольное ручное перемещение стола осуществляется при выключенной гидравлической передаче путем вращения маховичка *52*.

Перемещение стола в продольном направлении за один оборот маховичка *52* равно

$$1\cdot\frac{16}{70}\cdot\frac{24}{96}\cdot 14\pi\cdot 3=7{,}54 \text{ мм}.$$

Шлифовальная бабка. С помощью гидравлического привода выполняется подвод, отвод и рабочая подача шлифовального круга. Быстрый подвод и отвод шлифовальной бабки осуществляется с помощью цилиндра *37* и поршня *35*. При бы-

стром отводе масло по трубопроводу *9* через золотник *17*, трубопроводы *23* и *24* поступает в цилиндр *37* под левый торец поршня *35*. Из правой полости цилиндра *37* масло направляется по трубопроводу *16*, золотнику *17* и трубопроводу *10* на слив. Положение золотника *17*, показанное на фиг. 140, соответствует исходному положению шлифовальной бабки. При быстром подводе золотник *17* перемещается рукояткой (на фиг. 140 не показана) влево, а масло по трубопроводам *9* и *16* поступает в цилиндр под правый торец поршня *35*, а из другой полости цилиндра оно идет на слив через проточку *36*, трубопровод *24*, золотник *17* и трубопровод *10*. Шлифовальная бабка подходит к шлифуемому валу, но не доходит до него на 8—10 *мм*. При этом поршень *35* перекрывает проточку *36*, и масло из левой полости цилиндра не сможет вытекать по трубопроводу *24*. Оно направляется на слив по трубопроводу *23* через дроссель *22* и трубопровод *10*. Происходит медленная подача шлифовальной бабки. С помощью рукоятки *18* можно регулировать скорость подвода шлифовальной бабки на последних 8—10 *мм* ее пути и тем самым изменять скорость подачи для шлифования буртиков шеек.

На расстоянии 1,5—2 *мм* от упора поршень *35* открывает щель в цилиндре *37*, и масло из правой полости цилиндра по трубопроводу *30* направляется в цилиндр врезания *29*. Поршень *31*, снабженный рейкой, перемещается вниз (см. фиг. 140) и вращает колесо с числом зубьев $z=36$. При этом кольцо *32*, укрепленное на винте *38*, упирается через скользящую втулку *33* с роликом *34* в торцовый кулачок зубчатого колеса $z=36$. При повороте колеса винт *38*, а следовательно, и шлифовальная бабка будут медленно перемещаться, осуществляя рабочую подачу (врезание). Из противоположной полости цилиндра *29* масло по трубопроводу *11* через дроссель *12* и трубопровод *10* направляется на слив. С помощью рукоятки *13* регулируется скорость врезания шлифовального круга.

При отводе шлифовальной бабки срабатывает конечный выключатель *ВС* и происходит остановка вращения шлифуемой детали благодаря подаче масла, поступающего по трубопроводу *21* на плунжер *20*.

Ручная поперечная подача шлифовального круга осуществляется вращением маховичка *66*. Поперечное перемещение шлифовальной бабки за один оборот маховичка *66* равно

$$1\cdot\frac{24}{36}\cdot\frac{24}{96}\cdot 6=1 \text{ мм}.$$

Окончательный размер шейки вала контролируется в процессе шлифования специальными индикаторными приборами. Зуб-

чатые колеса $z=60$; $z=40$; $z=10$ и $z=110$ служат для компенсации износа шлифовального круга.

Осевой люфт в винте *38* подачи шлифовальной бабки выбирается с помощью цилиндра *63*, поршня со штоком *64*, который упирается в жесткий упор *65* шлифовальной бабки, отжимая ее назад.

Подвод и отвод люнета. Одновременно с подводом шлифовальной бабки масло по трубопроводам *16*, *40* и *39* поступает в цилиндр люнета и подводит губку люнета к шлифуемой детали. При отводе шлифовальной бабки масло по трубопроводу *24* поступает в цилиндр люнета и отводит губку люнета к шлифуемой детали.

Закрепление и раскрепление шлифуемой детали. Если рукоятка (на фиг. 140 не показана) находится в положении «зажим», золотник *14* перемещается влево. Масло по трубопроводу *9* через выточки золотника *14*, трубопроводы *15* поступает в цилиндры *62* зажимных патронов. Одновременно масло поднимает плунжер *19*, выключает конечный выключатель *ЗИ*. При отводе рукоятки в положение «отжим» золотник *14* отводится в положение, показанное на фиг. 140, и масло по трубопроводам *15* через выточку в золотнике *14* и трубопровод *10* сливается в резервуар — происходит раскрепление детали.

Для быстрой перестройки гидравлической системы с режима шлифования на режим правки предусмотрен кран *42*. На фиг. 140 кран показан в положении «шлифование». При повороте крана на четверть оборота по часовой стрелке в положение «правка» губка люнета отводится от шлифуемой детали и за все время правки шлифовального круга не может быть подведена, а стопор *28*, независимо от управления рукояткой *44*, выводится из гнезда делительной линейки. При этом осуществляется медленное перемещение стола, так как перемещение золотника *58* ограничено стопором *7*. Под давлением масла, подающегося по трубопроводам *16* и *8*, стопор заходит в выточку золотника. Осевое перемещение шлифовального шпинделя производится поворотом рукоятки *68* через зубчатые колеса $z=88$ и $z=40$ и эксцентрик *67*. Последний, поворачиваясь, перемещает конец рычага *69*, следовательно, шпиндель шлифовального круга.

§ 5. ЗУБОШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

Зубошлифование, применяемое для окончательной отделки зубчатых колес,— операция сложная и дорогая. При термической обработке зубчатых колес форма их зубьев искажается

и появляется биение зубьев. Для устранения этих дефектов применяют шлифование, как наиболее производительную операцию окончательной обработки. Шлифование позволяет получить зубчатые колеса любого класса точности, эвольвентный профиль зуба и высокую степень чистоты рабочих поверхностей зубьев.

Основные методы зубошлифования. Зубошлифование может осуществляться: а) методом копирования с помощью фасонного шлифовального круга; б) методом обкатки. По первому методу шлифуют только цилиндрические зубчатые колеса с прямыми и винтовыми зубьями, а по второму — цилиндрические и конические колеса.

При зубошлифовании копированием шлифовальному кругу с помощью алмазов придается профиль, соответствующий профилю впадины между зубьями. Такой круг обрабатывает одновременно боковые поверхности двух соседних зубьев, галтели и впадину. Основным преимуществом метода копирования является более высокая производительность труда по сравнению с другими методами зубошлифования. К недостаткам относится необходимость применения сложных приспособлений для правки круга. Так, в станке фирмы «Оркут» для одновременной правки обеих сторон круга используют три алмаза. Для движения алмазов применяются пантографы и сменные шаблоны. Шаблоны имеют профиль шлифуемого зуба, увеличенный в несколько раз. Для каждого модуля, числа зубьев и угла зацепления обрабатываемого колеса необходимо иметь свой шаблон. Смена шаблонов занимает много времени.

При зубошлифовании копированием допускаются следующие отклонения: по шагу — не более 0,005 *мм*, по профилю — в пределах 0,0025—0,005 *мм*; на биение — до 0,025 *мм*.

Метод обкатки состоит в том, что в процессе шлифования зубчатого колеса воспроизводятся движения, характерные для зацепления зубчатого колеса с рейкой или червяка и червячного колеса. Для получения обкаточного движения применяют различные механизмы, а также различные кинематические цепи станков, состоящие главным образом из зубчатых колес. На фиг. 141, *а* показан принцип работы зубошлифовального станка фирмы «Мааг», в котором обкаточное движение создается обкаточным барабаном, закрепленным на оси шлифуемого колеса, и натянутыми в одной плоскости тонкими стальными лентами. Эти станки работают двумя наклонными чашечными кругами, которые образуют две противоположные плоскости зуба воображаемой рейки.

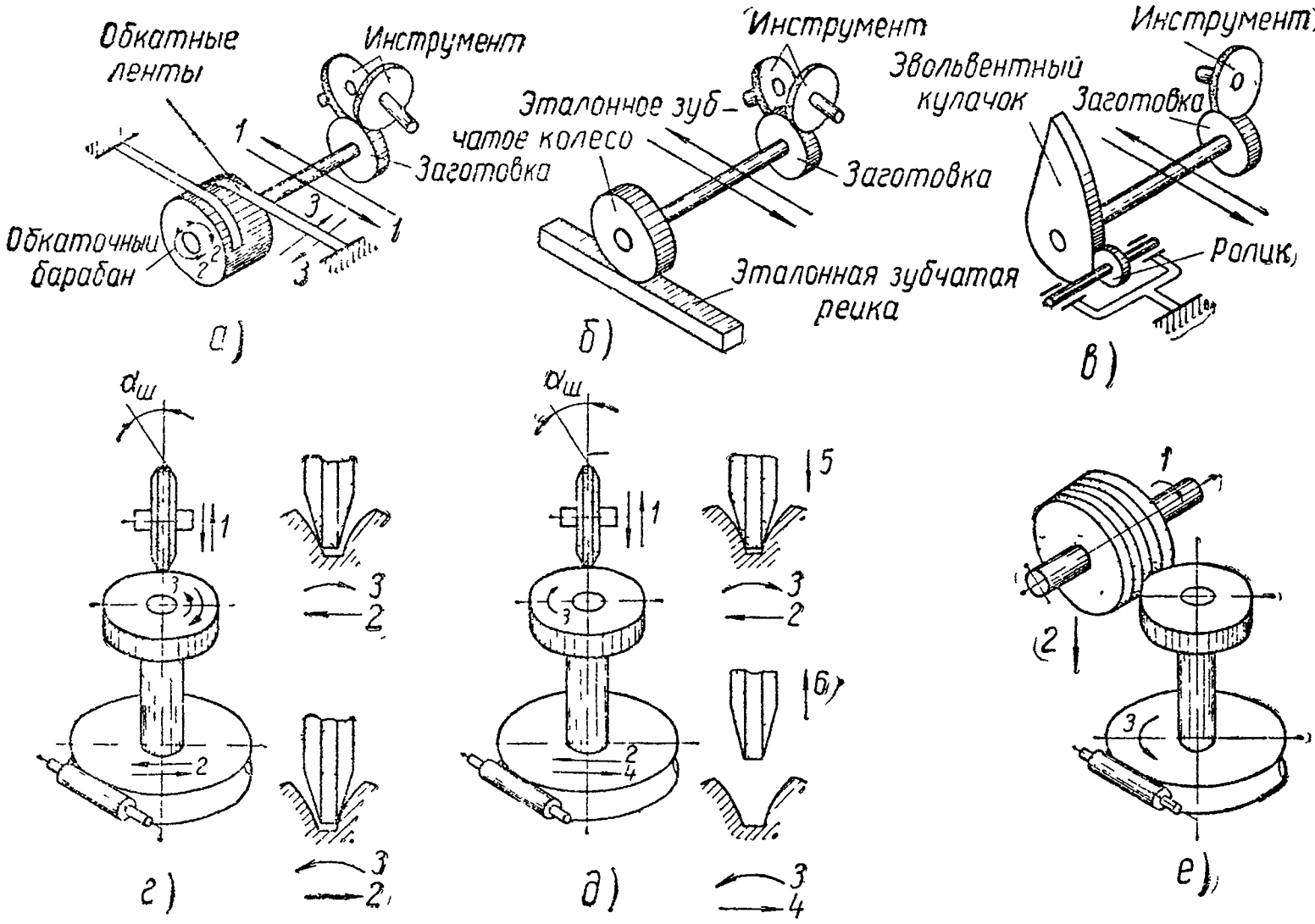
Станок имеет следующие движения:

1) вращение шлифовальных кругов (главное движение);

2) обкаточное движение *2* заготовки относительно шлифо-

вальных кругов; оно создается быстрым возвратно-поступательным движением *1* каретки, несущей делительную бабку с заготовкой в направлении, перпендикулярном оси шпинделя. Вследствие того, что концы лент закреплены на станине станка, барабан и шлифуемое колесо скатываются по лентам и поворачиваются относительно оси шпинделя;

3) медленное движение *3* шлифуемого колеса вдоль своей оси; это — продольная подача, дающая возможность шлифовать зуб колеса по всей его длине.



Фиг. 141. Схемы зубошлифования по методу обкатки.

На фиг. 141, *б* показан принцип работы зубошлифовального станка фирмы «Пратт Витней». Этот станок работает двумя тарельчатыми кругами, заправленными так, что они образуют профиль зуба воображаемой рейки. В качестве обкаточного механизма служат сменные эталонные зубчатые рейки и колеса. Шлифовальные круги вращаются, шпиндель станка, несущий шлифуемое колесо, и эталонное зубчатое колесо совершают возвратно-поступательное движение, перпендикулярное оси шпинделя. При этом эталонное зубчатое колесо катится по неподвижной эталонной рейке, сообщая вращение шлифуемому колесу.

На фиг. 141, *в* показан принцип работы зубошлифовального станка модели 5892, на котором применяется обкаточный меха-

низм со сменными эвольвентными кулачками. При вращении шпинделя со шлифуемой заготовкой происходит процесс шлифования. После окончания шлифования одной стороны профиля у всех зубьев колеса производится шлифование второй стороны профиля зубьев.

На фиг. 141, *г* показан принцип работы зубошлифовального станка модели 5831, на котором стороны профиля зуба шлифуются раздельно. Конусный шлифовальный круг воспроизводит боковые поверхности зуба воображаемой рейки. Круг вращается и совершает возвратно-поступательное движение *1* вдоль зубьев колеса. При каждом продольном перемещении *2* и одновременном вращении *3* колеса шлифуется только одна сторона профиля впадины между зубьями. Затем происходит реверсирование и шлифуется вторая сторона профиля впадины. После обработки одной впадины шлифуемое колесо повертывается на зуб.

На фиг. 141, *д* показан принцип работы зубошлифовального станка модели 584, на котором шлифование обеих сторон профиля осуществляется одновременно при одном движении обкатки *2* и вращении *3* колеса. В этом станке колесо постоянно вращается в одном направлении, даже при ускоренном обратном движении *4*. Круг совершает вращательное и возвратно-поступательное движение *1*. Закончив рабочий ход обкатки *2*, круг выходит из впадины по стрелке *6*, и после окончания холостого хода, во время которого совершается деление, круг заходит в очередную впадину колеса по стрелке *5*.

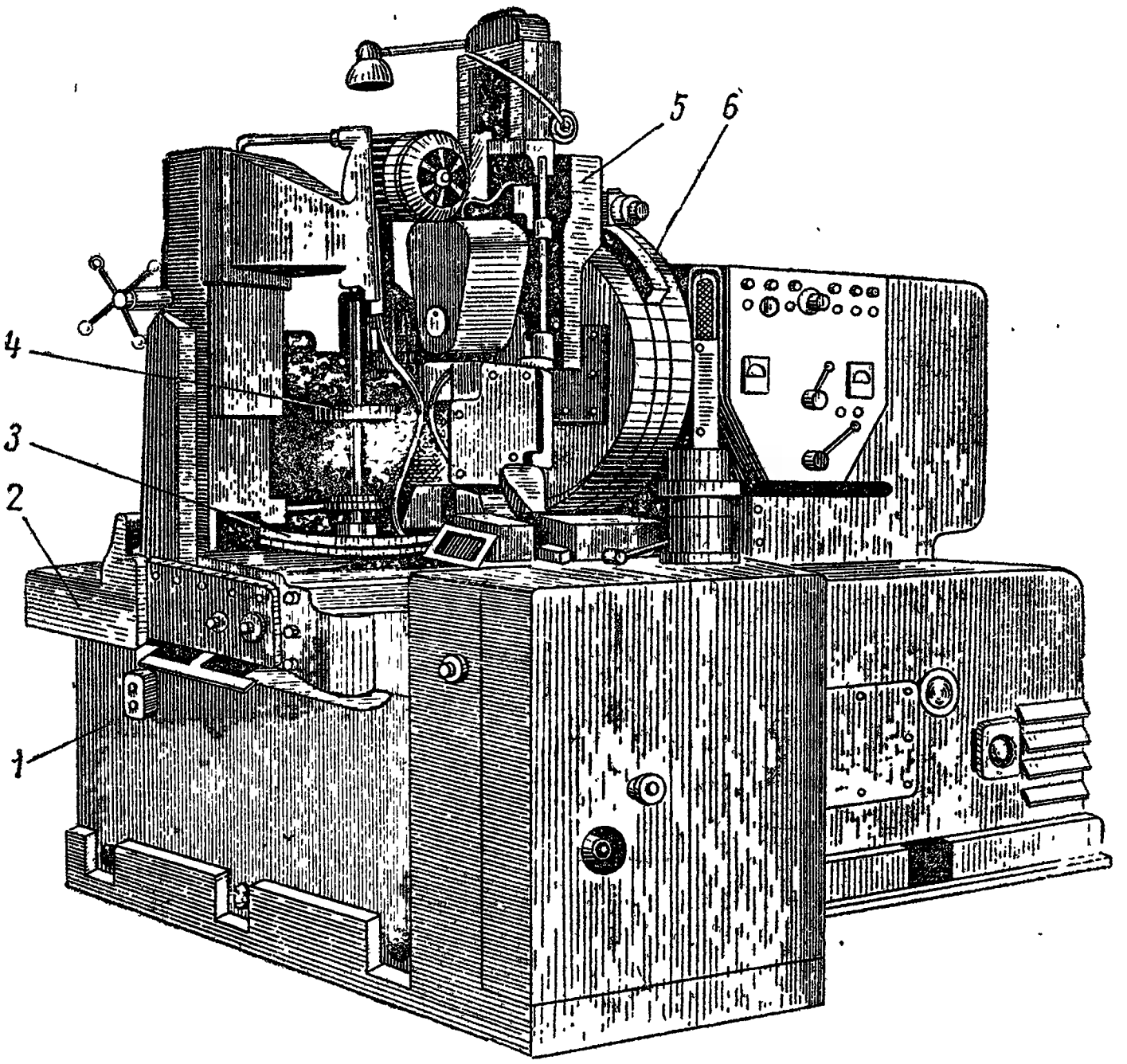
На фиг. 141, *е* показана схема шлифования зубчатого колеса абразивным червяком. Этот новый метод зубошлифования предложен изобретателем Васильчуком. Однозаходный абразивный червяк совершает при шлифовании колеса два движения: 1) вращательное вокруг своей оси — главное движение *1* и 2) поступательное вдоль оси заготовки — движение подачи *2* и вращение *3* шлифовального круга.

Во всех случаях при угле зацепления 20° шлифовальный круг заправляют под углом 40°.

Зубошлифовальный полуавтомат модели 5П84 предназначен для шлифования цилиндрических прямозубых и винтовых зубчатых колес по методу обкатки. Полуавтомат имеет следующую техническую характеристику: диаметр шлифуемых колес — наименьший 60, наибольший 500 *мм*; модуль шлифуемого колеса — наименьший 2, наибольший — 10 *мм*; диаметр шлифовального круга 250 *мм*; число двойных ходов ползуна регулируется бесступенчато в пределах от 20 до 160 об/мин.; время шлифования одного зуба — от 7 до 200 сек.

На фиг. 142 показан внешний вид этого полуавтомата. На

роликах по продольной станине *1* перемещается каретка *2*. В подшипниках этой каретки установлен стол *3*, на котором укреплена вертикально оправка, несущая шлифуемое колесо *4*. На вертикальных направляющих поперечной станины установлена шлифовальная бабка *5*, к которой прикреплена поворотная плита *6*. Электродвигатель главного движения (N=1 *квт*,



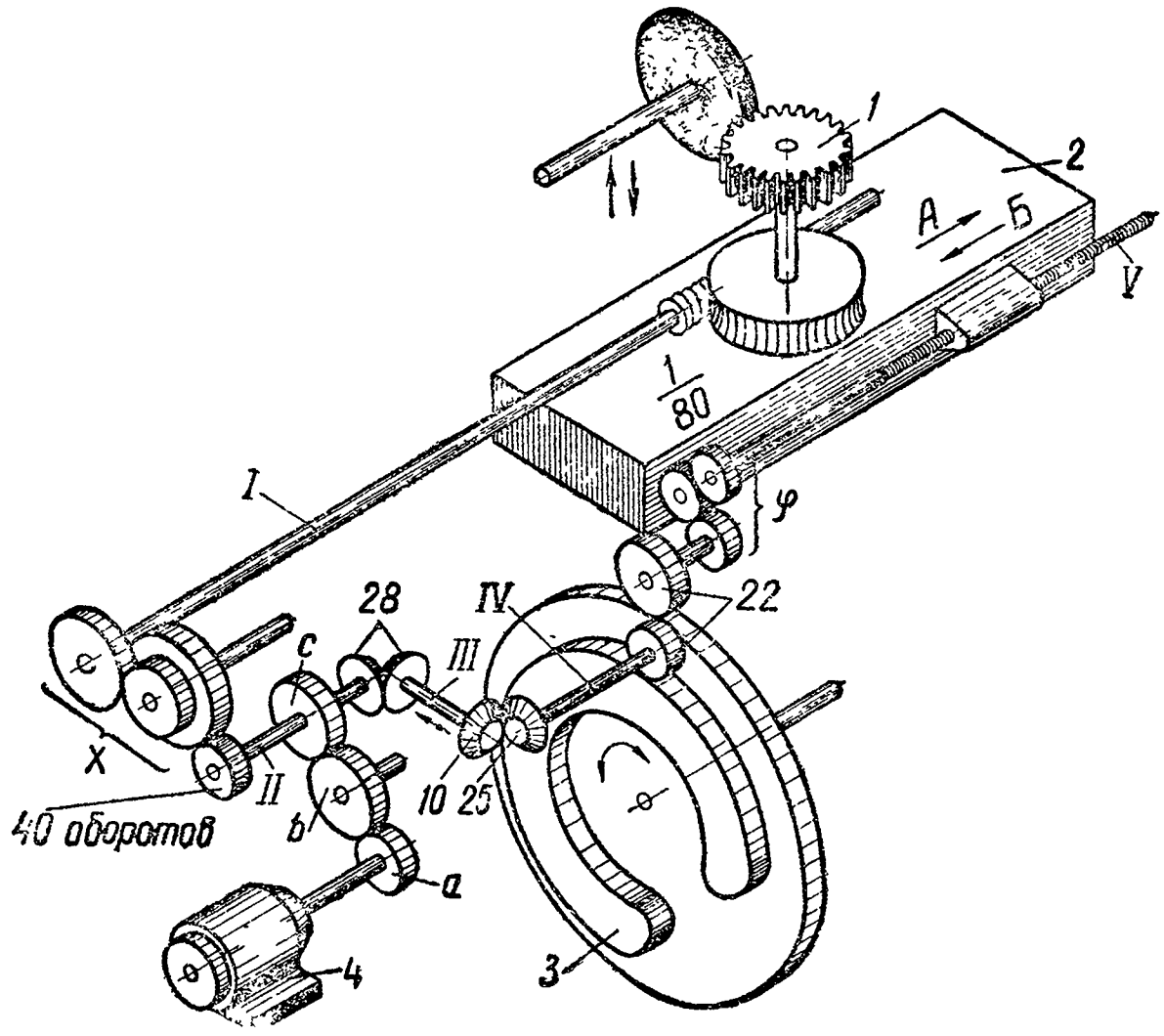
Фиг. 142. Зубошлифовальный полуавтомат модели 5П84.

n=2800 об/мин.) и шпиндель шлифовального круга установлены на ползуне поворотной плиты. Вращение шлифовального круга (n=2200 об/мин.) осуществляется ременной передачей от электродвигателя. По направляющим поворотной плиты ползун с электродвигателем и шлифовальным кругом совершает возвратно-поступательное движение (продольная подача).

Таким образом, в процессе шлифования впадины зубьев колеса шлифовальный круг вращается вокруг оси (главное движение) и одновременно вместе со шпинделем совершает быстрое возвратно-поступательное движение вдоль оси колеса. Шлифуемое колесо при этом медленно обкатывается по зубьям воображаемой рейки, образуемым режущими кромками круга.

Шлифовальная бабка кронштейном связана с барабаном подач и управления, закрепленным в станине. Обкаточно-делительный механизм размещен в коробке передач продольной станины.

Цикл работы станка. На фиг. 143 показана часть кинематической схемы, поясняющая принцип работы станка. Шлифуемое колесо (заготовка) *1* получает вращение от электродвигателя подач *4* по следующей цепи: электродвигатель, передача $\frac{a}{b} \cdot \frac{b}{c}$, вал *II*, сменные колеса гитары деления x, вал *I*,

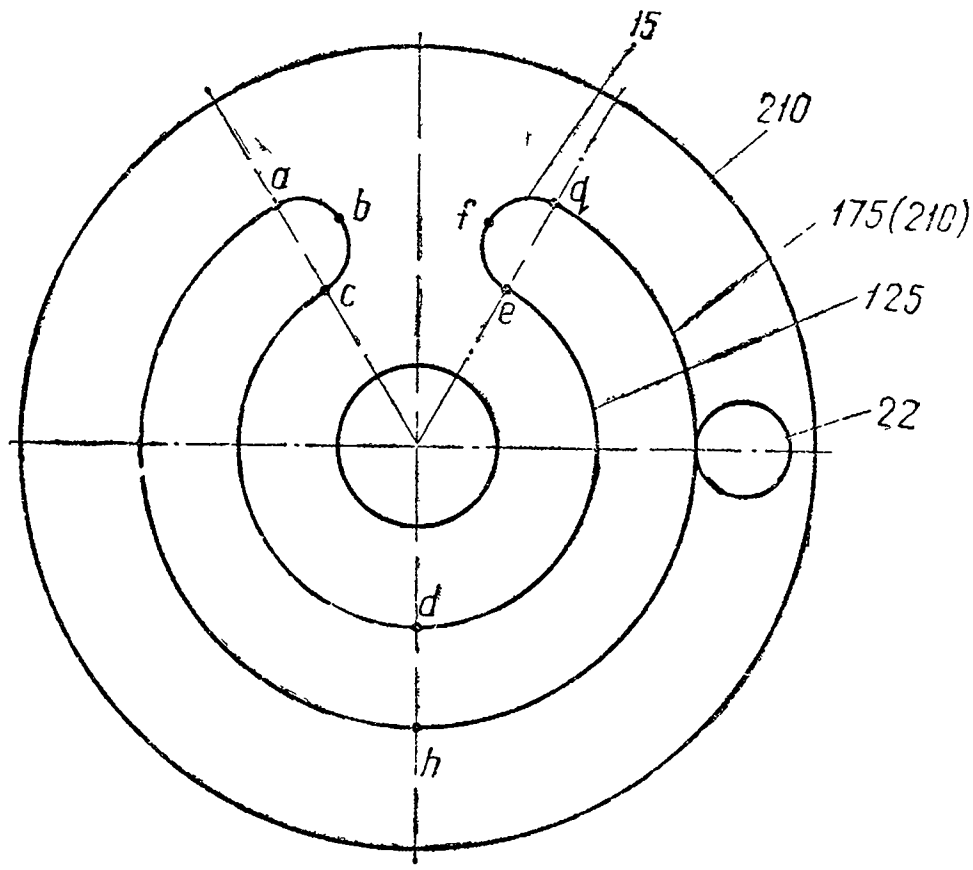


Фиг. 143. Упрощенная кинематическая схема зубошлифовального станка модели 5П84.

червячная передача $\frac{1}{80}$, заготовка *1*. Вращение стола с заготовкой *1* в течение всего периода шлифования зубьев колеса осуществляется только в одну сторону.

Электродвигатель *4* приводит в действие также и механизм прямолинейного возвратно-поступательного движения каретки *2* с заготовкой *1*. Через передачу $\frac{a}{b} \cdot \frac{b}{c}$, вал *II*, конические колеса $\frac{28}{28}$ вал *III*, конические колеса $\frac{10}{25}$, составное колесо *3*, сменные колеса гитары обкатки φ вращается ходовой винт *V* с шагом 5π. Составное колесо за время одного цикла совершает одно качание и тем самым вращает ходовой винт *V* вправо и влево, вследствие чего каретка *2* совершает периодически возвратно-поступательное движение в направлении, указанном

стрелками *А* и *Б*. Если составное колесо совершит одно качание, заготовка повернется на q зубьев или на $\frac{q}{z}$ оборота, а каретка *2* сделает один двойной ход. Зубья колеса шлифуются в то время, когда каретка *2* перемещается по стрелке *А*. Если каретка *2* начинает перемещаться по стрелке *Б*, шлифовальный круг выводится из зацепления со шлифуемым колесом (поднимается вверх). Так как вращение заготовки осуществляется в одном направлении, происходит процесс деления. Когда деление закончится, направление движения каретки *2* снова изменится на обратное (по стрелке *А*). Шлифовальный круг опускается вниз и входит в зацепление со шлифуемым колесом, которое за время деления повернулось на некоторое целое число зубьев q. Так начинается шлифование следующей впадины зубчатого колеса, отстоящей на q зубьев от ранее отшлифованной.



Фиг. 144. Составное зубчатое колесо.

Составное зубчатое колесо (фиг. 144) состоит из нескольких частей: зубчатого сектора внутреннего зацепления *ahq*, имеющего 175 зубьев; зубчатого сектора наружного зацепления *cde*, имеющего 125 зубьев; полуокружностей *abc* и *efq*, имеющих по 15 зубьев; колеса наружного зацепления, имеющего 210 зубьев. Замкнутая зубчатая кривая *abcdefqha* приводится во вращение зубчатым колесом, имеющим 22 зуба. Это колесо находится в зацеплении то с наружным, то с внутренним зубчатым сектором. Благодаря такому устройству при вращении колеса с числом зубьев 22 в одну сторону замкнутая зубчатая кривая *abcdefqha* будет сообщать составному колесу возвратное движение то в одну, то в другую сторону. Число оборотов этого колеса за время цикла обработки одного зуба шлифуемого колеса или за время одного полного качания составного колеса можно определить по уравнению, рассматривая замкнутую зубчатую передачу и колесо *22* как планетарную с наружным зацеплением:

$$n_{22} = \frac{z_5}{22} + 1,$$

где n_{22} — число оборотов колеса с 22 зубьями за время одного качания составного колеса;

z_s — количество зубьев на внутренней поверхности составного колеса;

$$z_s = 175 + 125 + 2 \cdot 15 = 330.$$

Подставив эти значения в формулу, получим

$$n_{22} = \frac{330}{22} + 1 = 16 \text{ об/цикл.}$$

Это означает, что за 16 оборотов колеса *22* шлифуется один зуб заготовки.

Гитара деления. Механизм вращения заготовки связан с составным колесом, определяющим время цикла обработки по следующей цепи (см. фиг. 143): колесо *22*, вал *IV*, конические колеса $\frac{25}{10}$, вал *III*, конические колеса $\frac{28}{28}$, вал *II*, сменные колеса гитары деления x, вал *I*, червячная передача $\frac{1}{80}$, заготовка *1*. Уравнение для определения сменных колес гитары деления должно быть записано так: за 16 оборотов колеса *22* заготовка повернется на величину $\frac{q}{z}$

$$16 \cdot \frac{25}{10} \cdot \frac{28}{28} x \cdot \frac{1}{80} = \frac{q}{z},$$

где x — передаточное отношение сменных колес гитары деления;

q — число зубьев, на которое повертывается заготовка за один цикл;

z — число зубьев шлифуемого колеса;

$$x = \frac{2q}{z}.$$

Для увеличения точности шага шлифуемых колес необходимо шлифовать не соседнюю впадину зуба, а повернуть шлифуемое колесо на число зубьев, равное q, не имеющее общего множителя с числом зубьев шлифуемого колеса z. Для данного станка q не должно быть меньше 7. Например, шлифуемое колесо имеет 42 зуба, число зубьев, через которое повернется заготовка за один цикл, может быть 7, 9, 11, 13, 17 и т. д. Примем значение $q=11$, тогда зубья колеса будут шлифоваться в следующем порядке: 1, 12, 23, 34, 3, 14, 25, 36, 5, 16, 27, 38, 7, 18, 29, 40, 9, 20, 31, 42, 11, 22, 33, 2, 13, 24, 35, 4, 15, 26, 37, 6, 17, 28, 39, 8, 19, 30, 41, 10, 21 и 32.

Гитара обкатки. Прямолинейное возвратно-поступательное перемещение столу с заготовкой *2* передается от составного колеса через сменные колеса гитары огибания φ на винт *V*,

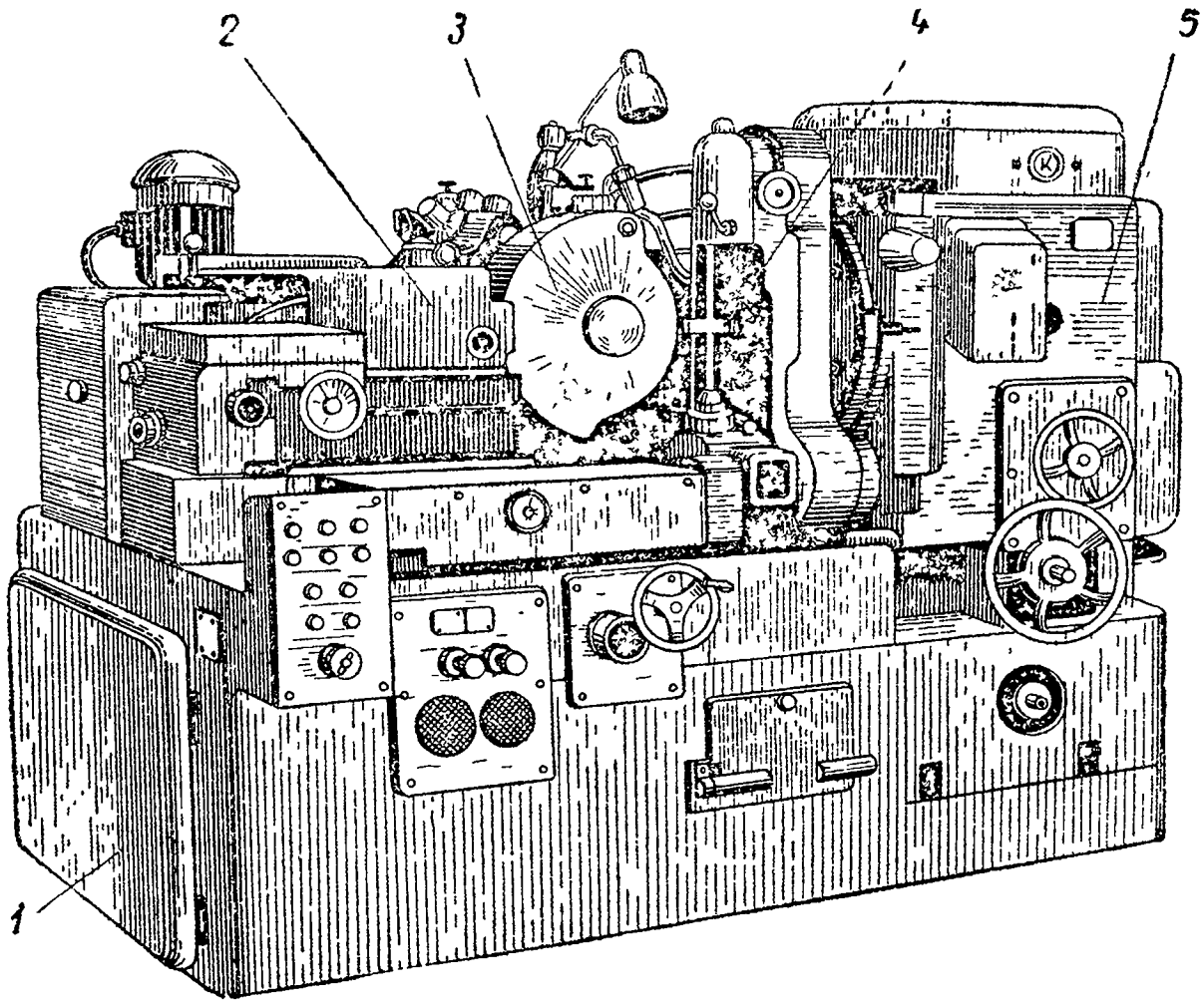
с шагом $t=5\pi$. Уравнение для определения сменных колес гитары обкатки запишется так: за время поворота стола с заготовкой на величину $\frac{q}{z}$ стол должен пройти путь, равный $\frac{\pi mq}{z}$,

$$\frac{q}{z}\cdot\frac{80}{1}\cdot\frac{1}{x}\cdot\frac{28}{28}\cdot\frac{10}{25}\cdot\frac{22}{210}\cdot\frac{210}{22}\varphi\cdot 5\pi=\pi mq,$$

где φ — передаточное отношение сменных колес гитары обкатки;
m — модуль шлифуемого колеса в *мм*.

Подставив вместо x его значение $\frac{2q}{z}$, имеем

$$\varphi=\frac{mq}{80}.$$



Фиг. 145. Зубошлифовальный полуавтомат модели 5832.

Зубошлифовальный полуавтомат модели 5832. На фиг. 145 показан зубошлифовальный полуавтомат модели 5832. На станине станка *1* размещены все основные узлы полуавтомата: шпиндельная головка *3*, несущая абразивный червяк; правильный прибор *2* для правки абразивного червяка; круглый стол, на котором устанавливается шлифуемое зубчатое колесо *4*; бабка *5* перемещения шлифуемого зубчатого колеса по вертикали.

Полуавтомат предназначен для шлифования абразивным червяком цилиндрических колес с прямыми и винтовыми зубьями, а также для шлифования долбяков, шеверов и накатников. Зубчатые колеса с модулем до 0,8 *мм* могут шлифоваться без

предварительного нарезания зубьев. Шлифование зубчатых колес на станке осуществляется по полуавтоматическому циклу, при котором рабочий осуществляет установку, закрепление и снятие прошлифованной детали и пуск станка. Все остальные движения, необходимые для шлифования зубьев колеса, производятся станком. Автоматическая радиальная подача и отвод бабки с заготовкой после окончания шлифования производятся гидравлически. Точность прошлифованных колес соответствует 1 классу.

Техническая характеристика полуавтомата 5832

Диаметр шлифуемых колес, *мм*:	
наименьший	10
наибольший	200
Наибольший угол наклона зуба шлифуемого колеса	45°
Наибольшая длина шлифования для прямозубых колес, *мм*	80
Модуль шлифуемого колеса, *мм*:	
наименьший	0,2
наибольший	2,0
Число оборотов абразивного червяка при шлифовании, об/мин	1500
Вертикальная подача заготовки за один оборот шлифуемого колеса, *мм*	0,12—1,12
Радиальная автоматическая подача заготовки за один ход, *мм*	0,03—0,3

На фиг. 146 показана кинематическая схема полуавтомата 5832, по которой рассмотрим основные кинематические цепи и выведем настроечные формулы.

Настройка гитары деления. В процессе шлифования зубьев осуществляется зацепление червяка со шлифуемым колесом. Поэтому, когда однозаходный червяк сделает один оборот, зубчатое колесо повернется на величину $\frac{1}{z}$, где z — число зубьев шлифуемого колеса. Оба эти движения связаны кинематической цепью: абразивный червяк на шпинделе *VI*, зубчатые колеса 92/92, вал *VII*, винтовая передача 15/15, вал *VIII*, винтовые колеса 75/75, вал *IX*, гитара деления с передаточным отношением x, вал *X*, винтовая передача 15/15, вал *XI*, винтовая передача 15/15, вал *XII*, зубчатые колеса 100/138, 138/100, вал *XIII*, червячная передача стола 2/48.

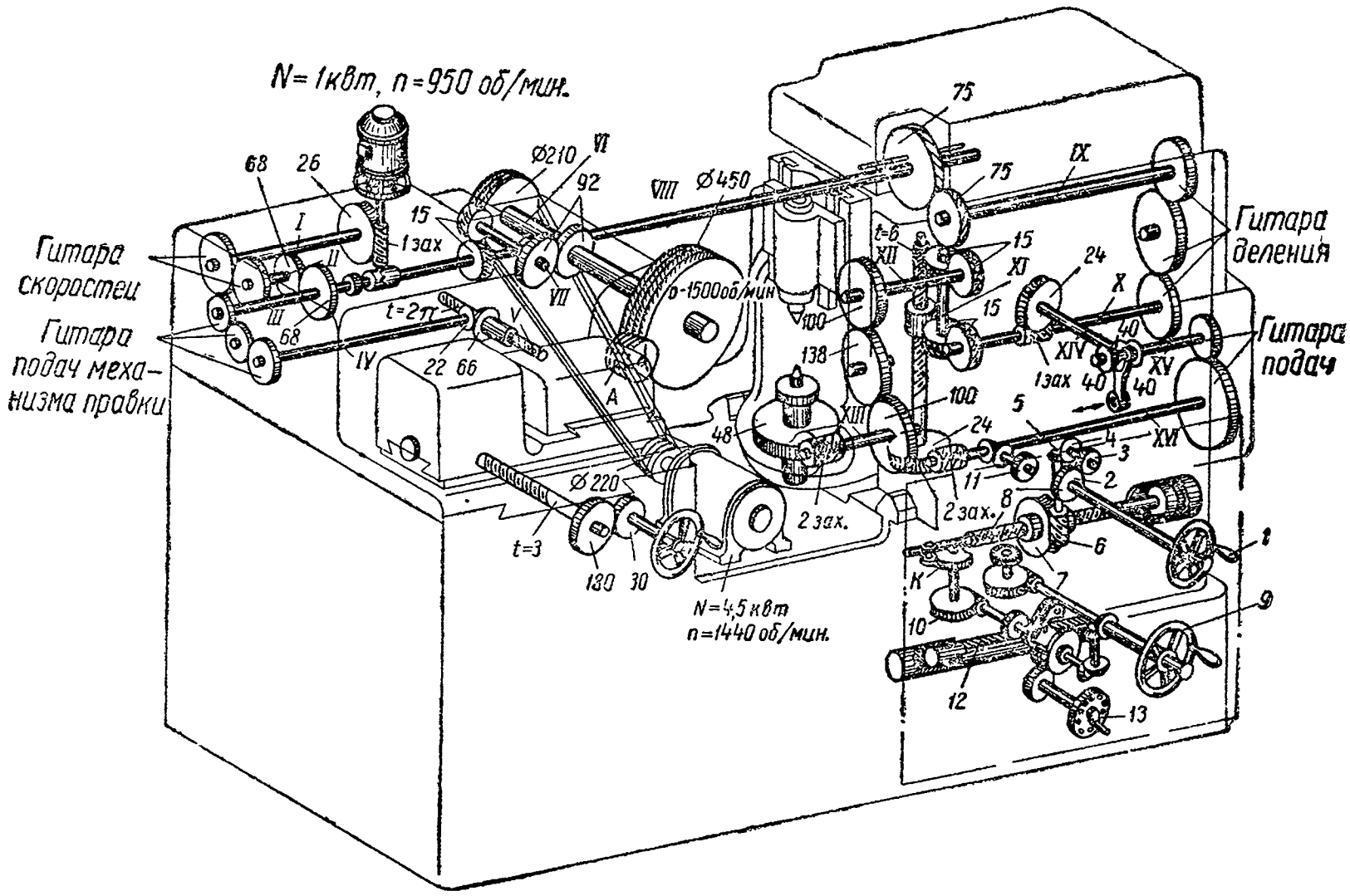
Напишем уравнение для определения передаточного отношения x сменных колес гитары деления:

$$1 \text{ об. червяка } \frac{92}{92}\cdot\frac{15}{15}\cdot\frac{75}{75}x\cdot\frac{15}{15}\,\frac{15}{15}\cdot\frac{100}{138}\cdot\frac{138}{100}\cdot\frac{2}{48}=\frac{1}{z} \text{ об заготовки,}$$

откуда передаточное отношение гитары деления равно

$$x=\frac{24}{z}.$$

Настройка гитары подач. Чтобы прошлифовать зубья колеса по всей длине, необходима продольная подача вдоль шлифуемого зуба. Для продольного перемещения заготовки применен ходовой винт с шагом 6 *мм*. Расчетными перемещения-



Фиг. 146. Кинематическая схема полуавтомата 5832.

ми будут: один оборот шлифуемого колеса и его перемещение на величину s вдоль зуба. Эти движения передаются по следующей кинематической цепи: шлифуемое колесо, червячная передача 48/2, вал *XIII*, зубчатые колеса 100/138, 138/100, вал *XII*, винтовая передача 15/15, вал *XI*, винтовая передача 15/15, вал *X*, червячная передача 1/24, вал *XIV*, трензель (механизм реверсирования) 40/40, вал *XV*, гитара подач с передаточным отношением y, вал *XVI*, червячная передача 2/24, ходовой винт с шагом 6 *мм*.

Напишем уравнение для определения передаточного отношения y сменных колес гитары подач:

$$1 \text{ об. заготовки } \frac{48}{2}\cdot\frac{100}{138}\cdot\frac{138}{100}\cdot\frac{15}{15}\cdot\frac{15}{15}\cdot\frac{1}{24}\cdot\frac{40}{40}y\frac{2}{24}\cdot 6=s \text{ мм/об},$$

откуда

$$y=2s.$$

Реверсирование ходового винта осуществляется автоматически путем переключения муфты (на фиг. 146 не показана).

Вращение абразивного червяка. Вращательное движение абразивного червяка осуществляется от электродвигателя (N=4,5 *квт*, n=1440 об/мин.) по следующей кинематической цепи: электродвигатель, клиноременная передача 220/210, абразивный червяк. Диаметр абразивного червяка равен 450 *мм*. Скорость резания v_p равна

$$v_p=\frac{450\pi\cdot 1440\cdot 220}{60\cdot 1000\cdot 210}=35{,}5 \text{ м/сек.}$$

Периодическая радиальная подача. Эта подача сообщается суппортной стойке при крайних ее положениях от кулачка *К*. Кулачок контактирует с роликом ходового винта *8*, на правом конце которого установлен поршень гидроцилиндра. Механизмом радиальной подачи управляет отдельный гидроцилиндр, который сблокирован с гидроцилиндром радиальной подачи. Рейка *12*, получив поступательное перемещение, сообщает реечному колесу вращательное движение. Колесо жестко связано с собачкой. Собачка скользит вначале по щитку, а затем зацепляется с храповым колесом, от которого через червячную передачу *10* приводится во вращение кулачок *К*. Величина радиальной подачи изменяется от 0,03 до 0,3 *мм* и устанавливается рукояткой *13*. Вращением ее через пару колес изменяется положение щитка, ограничивающего число зубьев храпового колеса, захватываемых собачкой. Рабочая кривая кулачка *К*, пройдя по ролику винта *8*, окажется против впадины кулачка, и гидроцилиндр отведет суппортную бабку в исходное положение. Ручная радиальная подача осуществляется от маховичка *1* через колеса *2*, *3*, *4* и *5*, червячную передачу *6* и *7* на винт *8*. Установочное движение суппорта и суппортной стойки выполняется маховичком *9* через две пары конических колес, червячную передачу *10*, кулачок *К*. Установочное движение на суппорт производится также от маховичка *9* через колесо, не показанное на фиг. 146, и шестерню *11*, от которой через пару конических колес движение передается на винт подачи.

Правка абразивного червяка. Вращение абразивному червяку при правке передается от электродвигателя (N=1 *квт*, n=950 об/мин.) по следующей кинематической цепи: червячная передача $\frac{1}{26}$, гитара скоростей, зубчатые колеса $\frac{68}{68}$, $\frac{15}{15}$

и $\frac{92}{92}$. Число оборотов абразивного червяка $n_к$ во время правки равно

$$n_к = 950 \cdot \frac{1}{26} \varphi \cdot \frac{68}{68} \cdot \frac{15}{15} \cdot \frac{92}{92},$$

где φ — передаточное отношение сменных колес гитары скоростей;

$$\varphi = \frac{13}{475} n_к.$$

Накатник A, с помощью которого производится правка абразивного червяка, перемещается вдоль оси абразивного червяка с помощью ходового винта V. Это движение согласованно: за один оборот абразивного червяка накатник перемещается на величину, равную шагу его винтовой нарезки πm. Эти движения связывает следующая кинематическая цепь: абразивный червяк, передача $\frac{92}{92}$, вал VII, винтовая передача $\frac{15}{15}$, вал III, муфта, вал III, гитара сменных колес механизма правки с передаточным отношением i, вал IV, коническая передача $\frac{22}{66}$, ходовой винт V с шагом 2π.

Напишем уравнение для определения передаточного отношения i сменных колес гитары подач механизма правки

$$1 \text{ об. абразивного червяка } \frac{92}{92} \cdot \frac{15}{15} i \cdot \frac{22}{66} \cdot 2\pi = \pi m,$$

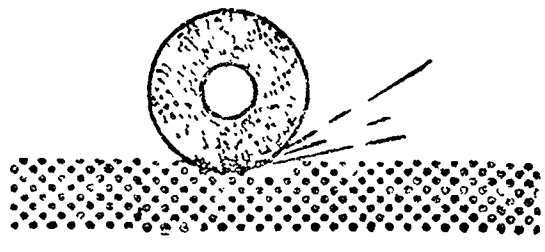
откуда

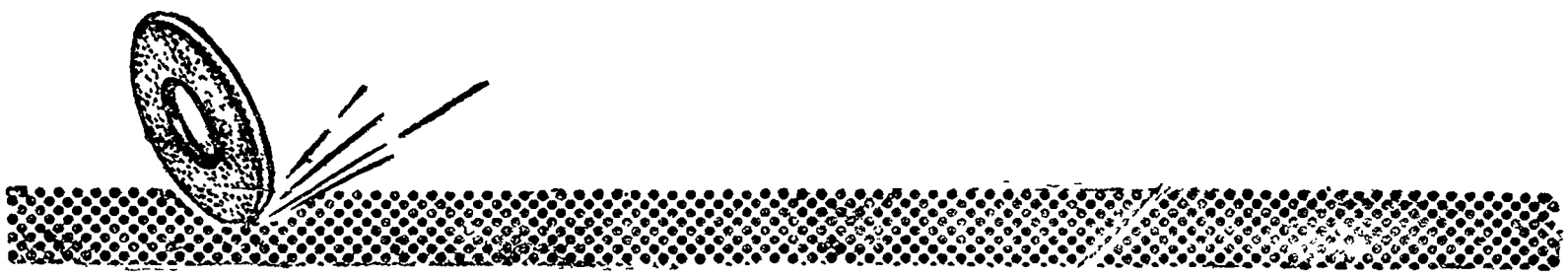
$$i = 1{,}5m,$$

где m — модуль шлифуемого колеса в *мм*.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие виды работ можно выполнять на резьбошлифовальном станке модели 5822?
2. Расскажите, как устроен станок модели 362В.
3. Какие виды заточек можно производить на станке модели 3А64М?
4. Проследите по гидрокинематической схеме станка модели 3А421, как происходит закрепление коленчатого вала.
5. Перечислите основные методы зубошлифования.
6. Какова роль составного зубчатого колеса в станке модели 5П84?
7. Преимущества станка модели 5832 по сравнению со станками других моделей.
8. Что такое накатник?





ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ

ОСОБЫЕ МЕТОДЫ ЧИСТОВОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Для получения после шлифования поверхности высокого качества производят дополнительную чистовую обработку абразивами. Существует несколько способов такой обработки поверхностей: хонингование, притирка, суперфиниш, полирование, ленточное шлифование.

§ 2. ХОНИНГОВАНИЕ

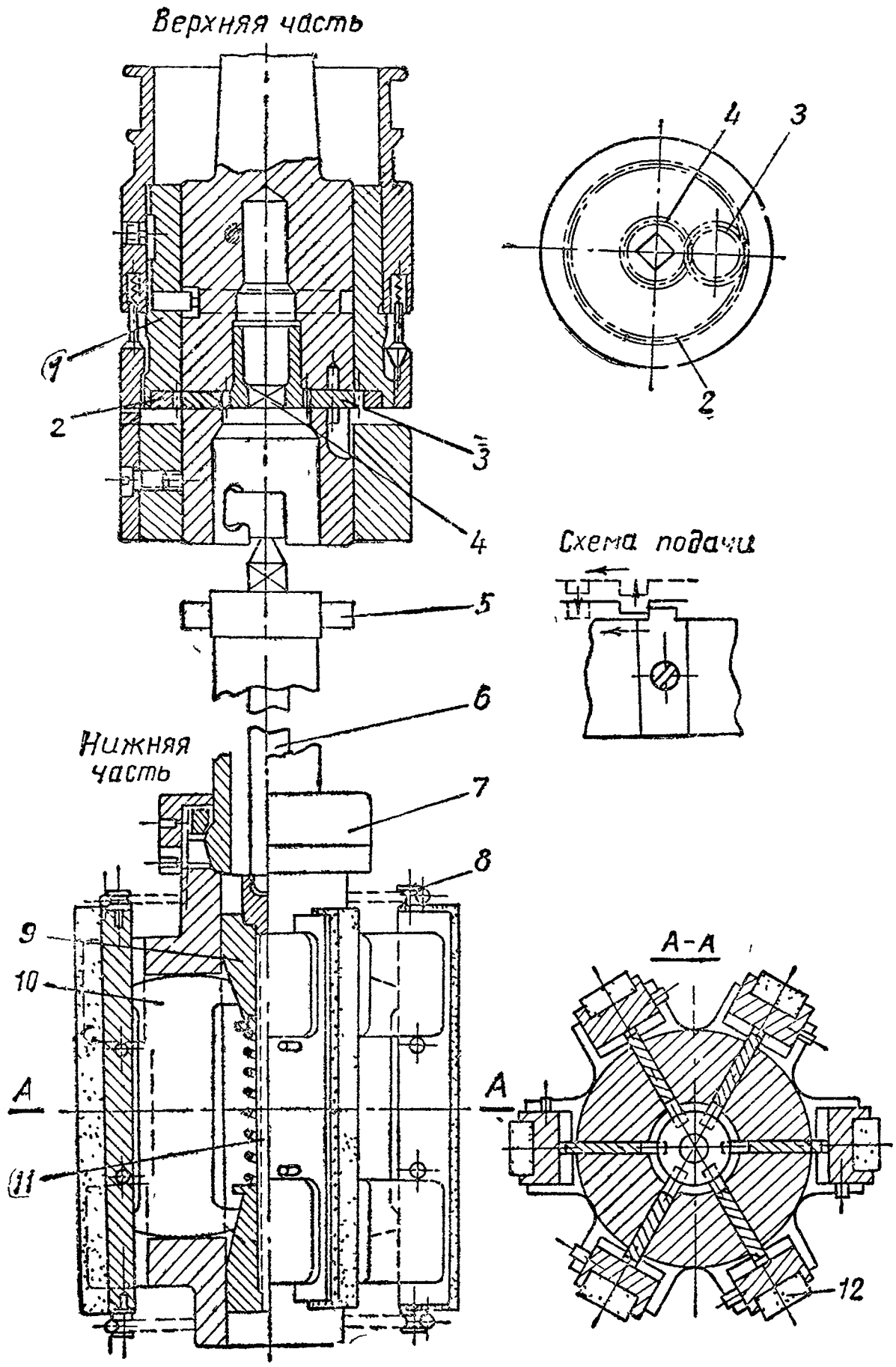
Хонингование — это процесс обработки расточенного или развернутого отверстия абразивными брусками. Значительно реже хонингование применяется для обработки наружных цилиндрических поверхностей. В настоящее время цилиндры двигателей внутреннего сгорания, паровых машин, компрессоров, гидравлических насосов и прессов, а также каналы орудийных стволов, отверстия шатунов и других деталей машин обрабатываются хонингованием.

Инструмент для внутреннего хонингования представляет собой цилиндрическую головку, на наружной поверхности которой расположены абразивные бруски. Эти бруски могут перемещаться в радиальном направлении, что позволяет устанавливать их на заданный размер. Абразивные бруски для хонингования изготовляют из карбида кремния и белого электрокорунда. Обычно их зернистость равна 12—4, а при получении весьма чистых поверхностей 3—М20.

Для хонингования применяют головки различных конструкций, но все они состоят из двух частей — верхней и нижней. Верхняя часть головки, называемая патроном или контрольной головкой, служит для радиального раздвигания абразивных брусков. Нижняя часть головки является рабочей частью, в ней

крепятся абразивные бруски. Обе части головки соединены шарниром.

На фиг. 147 показана головка для хонингования. Верхняя часть ее имеет конический хвостовик, входящий в отверстие

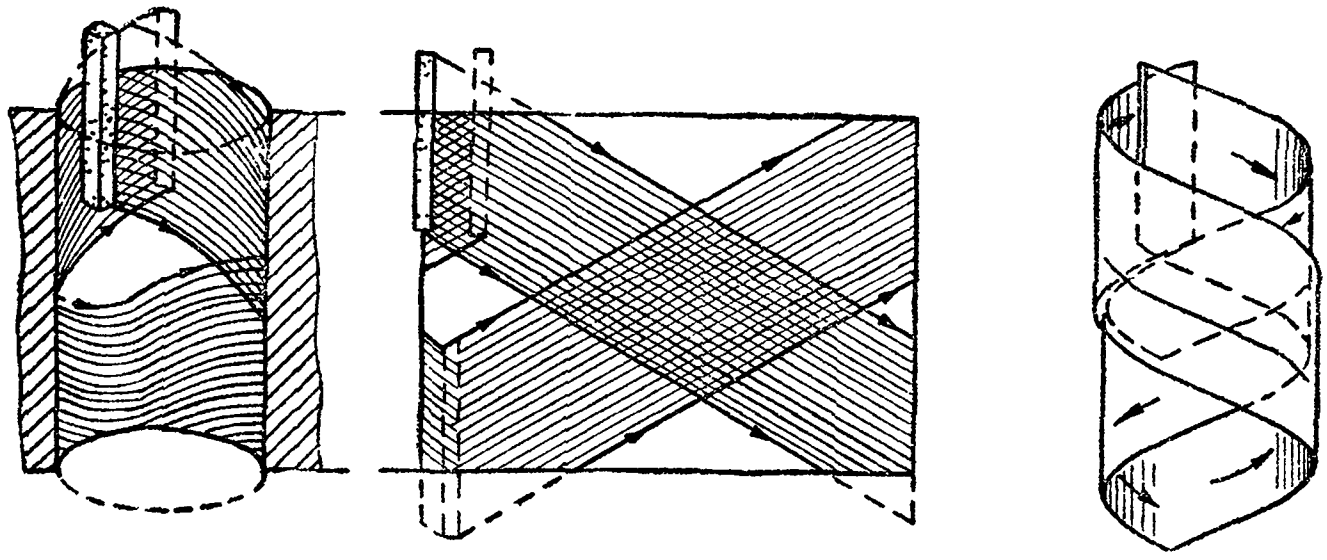


Фиг. 147. Конструктивная схема хонинговальной головки.

шпинделя станка. В эту часть входит гильза нижней части головки, которая соединяется с ней пальцами *5* и запирается защелкой. Откинув защелку, можно вынуть нижнюю часть.

Установка инструмента на размер производится при помощи винта *11*, соединенного со стержнем *6*, проходящим через соеди-

нительную гильзу. Квадратный конец стержня *6* входит в отверстие зубчатого колеса *4*, находящегося в зацеплении с зубчатым колесом *3*. Это колесо в свою очередь соединяется с колесом *2* внутреннего зацепления, впрессованным во втулку *1*. При вращении винта *11* конусы *9* будут перемещаться внутрь головки и с помощью сухариков *10* выжимать абразивные бруски *12* наружу. При обратном вращении винта *11* под действием пружины *8* абразивные бруски будут перемещаться внутрь. Величина подачи определяется поворотом установочного кольца *7*, имеющего деления с ценой, равной 0,002 *мм*. Количество брусков рекомендуется принимать кратным трем (6, 9, 12 и т. д.).



Фиг. 148. Траектория движения абразивных зерен при хонинговании.

При хонинговании головке сообщаются два движения: вращательное вокруг оси обрабатываемого отверстия и возвратно-поступательное вдоль этой оси (фиг. 148). В результате таких движений каждое абразивное зерно образует на обрабатываемой поверхности риску по винтовой линии правого направления при движении головки вверх и левого направления при движении ее вниз. Точность обработанного отверстия составляет 0,005—0,02 *мм*, овальность и конусность допускаются не более 0,05 *мм*.

Хонингование позволяет получать гладкую поверхность и точные размеры отверстия по всей его длине. Хонингуют отверстия диаметром от 15 до 1500 *мм*. При этом достигается очень высокая производительность труда по сравнению с внутренним шлифованием. Это объясняется тем, что поверхность соприкосновения брусков с обрабатываемой поверхностью больше, а время на установку детали и инструмента меньше, так как головка шарнирно соединена со шпинделем станка. На многошпиндельных станках обрабатывают несколько отверстий одновременно.

Режимы резания при хонинговании. Для обработки отверстия по всей длине необходимо, чтобы абразивные бруски головки имели некоторый перебег, т. е. выходили из обрабатывае-

мого отверстия на величину 15—20 *мм* в каждую сторону. Перед хонингованием поверхности растачивают или развертывают, или шлифуют. Величина припуска на хонингование зависит от диаметра отверстия, материала детали и от характера операции, предшествующей хонингованию. По литературным данным, после предварительной расточки отверстия припуск на хонингование следует оставлять в пределах 0,05—0,08 *мм*, после предварительного развертывания 0,02—0,04 *мм* и после предварительного шлифования — 0,01 *мм*.

Окружная скорость инструмента при хонинговании составляет в среднем: для чугуна 60—75 *м/мин*, для стали 45—60 *м/мин*, для бронзы, алюминия и латуни 70—90 *м/мин*.

При различных отношениях скорости возвратно-поступательного движения к окружной скорости инструмента угол наклона винтовой линии, по которой идет резание, может быть различным. Практикой установлено, что при уменьшении скорости осевого движения (продольной подачи), т. е. при уменьшении угла подъема винтовой линии, поверхность получается более чистой. Угол подъема принимается обычно в пределах 15—30°.

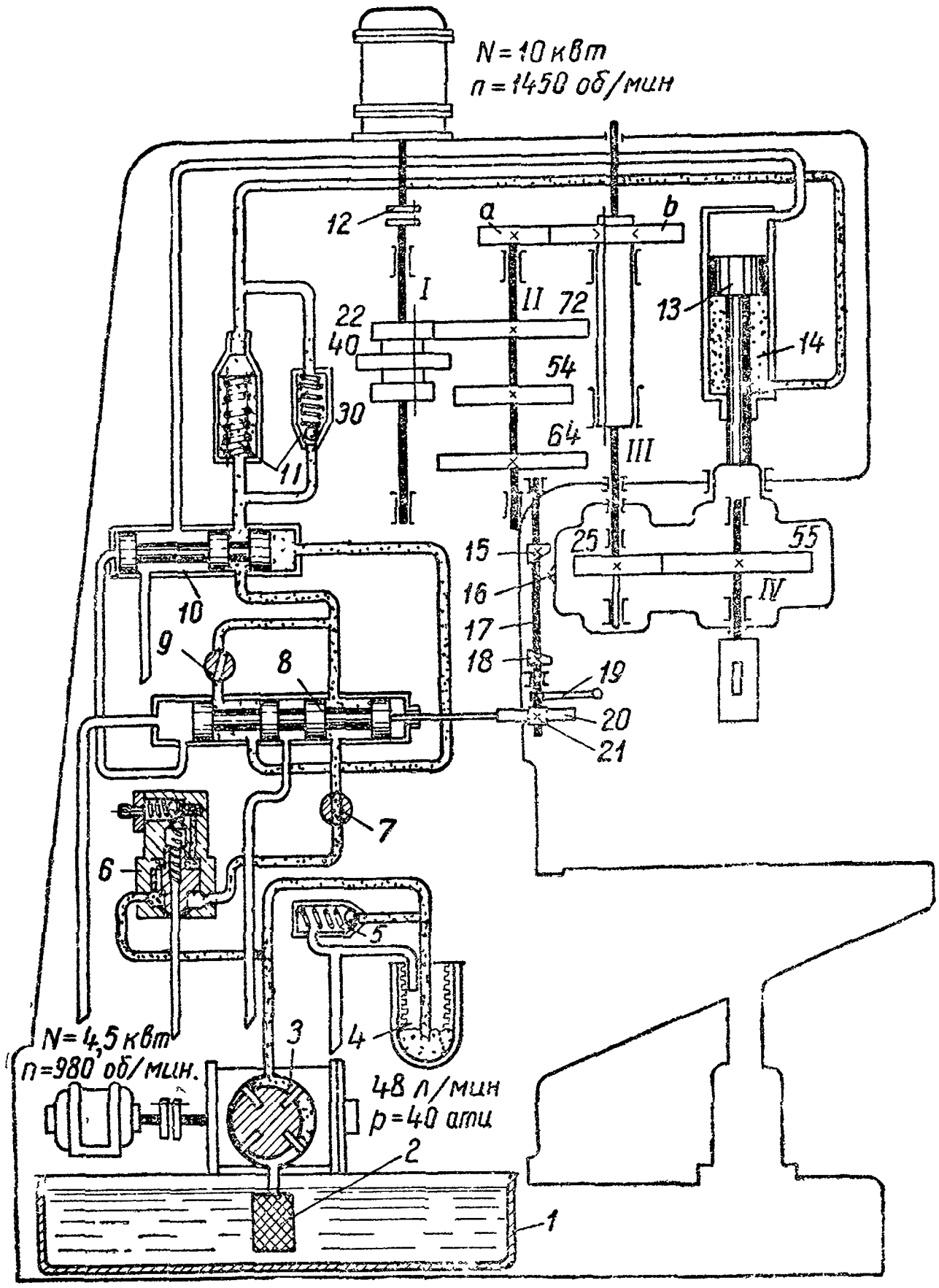
Отношение числа оборотов шпинделя к числу его двойных ходов выбирается в пределах от 1 до 3,5. Для небольших отверстий это отношение принимают равным 1—2. Для черновой обработки отношение берется больше, а для чистовой меньше. Давление брусков при предварительном хонинговании обычно устанавливается от 0,5 до 4 *кг/см*^{2}, а при окончательном — от 0,5 до 2 *кг/см*^{2}. Хонингование производится с охлаждением. При обработке чугуна для охлаждения применяют керосин, при обработке стали — керосин с примесью парафина, а бронзовые детали хонингуют всухую или же для охлаждения используют воду.

Станки для хонингования. Хонинговальные станки строят гидрофицированными, одно- и многошпиндельными с вертикальным или с горизонтальным расположением шпинделей. На фиг. 149 показана схема вертикального хонинговального станка модели 383.

Краткая техническая характеристика станка модели 383

Диаметр хонингования, *мм*:	
наибольший	160
наименьший	85
Величина возвратно-поступательного перемещения шпинделя, *мм*:	
наибольшая	450
наименьшая	80
Расстояние от оси шпинделя до вертикальных направляющих (вылет), *мм*	350
Величина вертикального перемещения стола, *мм*	450

Вращение головки. От электродвигателя ($N=10$ *квт*, $n=1450$ об/мин.) через предохранительную муфту *12* движение передается на вал *I*, на котором находится подвижной блок из трех зубчатых колес с числом зубьев 22, 40 и 30. Эти колеса мо-



Фиг. 149. Гидрокинематическая схема хонинговального станка модели 383.

гут соединяться с тремя другими зубчатыми колесами вала *II*, имеющими число зубьев 72, 54 и 64. От вала *II* на вал *III* движение передается через сменные колеса *a* и *b*. Этот вал передает движение шпинделю *IV* через постоянную зубчатую передачу с числами зубьев 25 и 55.

Возвратно-поступательное перемещение головки. От отдельного электродвигателя (N=4,5 *квт*, n=980 об/мин.) приводится во вращение лопастный нерегулируемый насос двойного действия. В насос *3* масло поступает из резервуара *1* станка через фильтр *2*, далее через переливной клапан *6*, дроссель *7*, золотники *8* и *10*, подпорный клапан *11*— в нижнюю полость цилиндра *14*. Из верхней полости цилиндра масло направляется в бак через золотник *10*. Некоторая часть масла, подаваемого насосом *3*, направляется в фильтр *4* для очистки, откуда сливается в бак. Нужное давление обеспечивается подпорным клапаном *5*. Дроссель *7* предназначен для установления скорости возвратно-поступательного перемещения поршня *13*, а следовательно, и шпинделя станка.

Для реверсирования поршня *13* служит упор *16* шпиндельной головки и переставные упоры *15* и *18*, закрепленные на валике *17*. При нажиме упора *16* на косой срез одного из кулачков вал *17* повернется. На конце этого вала укреплен зубчатый сектор *21*, перемещающий рейку *20* и золотник *8*, который служит для переключения реверсивного золотника *10*. При перемещении золотника *8* влево золотник *10* переместится вправо. Скорость переключения золотника *10*, от которой зависит время реверса, регулируется дросселем *9*. В том случае, когда золотник *10* находится в правом положении, масло от насоса *3* поступает в верхнюю и нижнюю полости цилиндра *14*. Площадь поршня *13* сверху вдвое больше площади снизу, поэтому при одинаковом давлении масла с обеих сторон поршень будет перемещаться вниз, вытесняя масло из нижней полости цилиндра через клапан *11* и золотник *10* в верхнюю полость цилиндра. Ручное реверсирование поршня производится рукояткой *19*. Подпорный клапан *11* служит средством для уравновешивания шпиндельной головки и инструмента и заменяет грузовой противовес.

§ 3. ПРИТИРКА

Притирка — это процесс окончательной обработки поверхности для придания ей точных размеров и высокой степени чистоты. В качестве режущих инструментов применяют притиры. Притирка осуществляется при помощи абразивного порошка, нанесенного на поверхность притира, сделанного из материала более мягкого, чем обрабатываемая деталь, например, из меди, свинца, чугуна, баббита, твердых сортов дерева. Это необходимо для того, чтобы зерна шлифуемого вещества плотно удерживались в притире и не проникали в обрабатываемую поверхность.

Процесс насыщения поверхности притира абразивным материалом называется *шаржированием*. Принудительное шаржирование притира производится при помощи стальных роликов и чугунных плит, самопроизвольное — в процессе доводки абразивными смесями со смазочно-охлаждающими жидкостями.

Качество получаемой поверхности зависит от рода применяемых абразивов и смазывающих веществ. Для притирки используют абразивные зерна, имеющие закругленную форму, так как они дольше сохраняют режущие свойства и дают лучшую поверхность. Полирующие абразивные материалы, наносимые на притиры, разнообразны: к ним относятся корундовые и электрокорундовые микропорошки и микропорошки из карбида кремния, алмазная пыль, окись хрома и крокус (окись железа). В качестве смазывающих и охлаждающих жидкостей применяют керосин, парафин с примесью минерального масла, олеиновую кислоту и содовую воду.

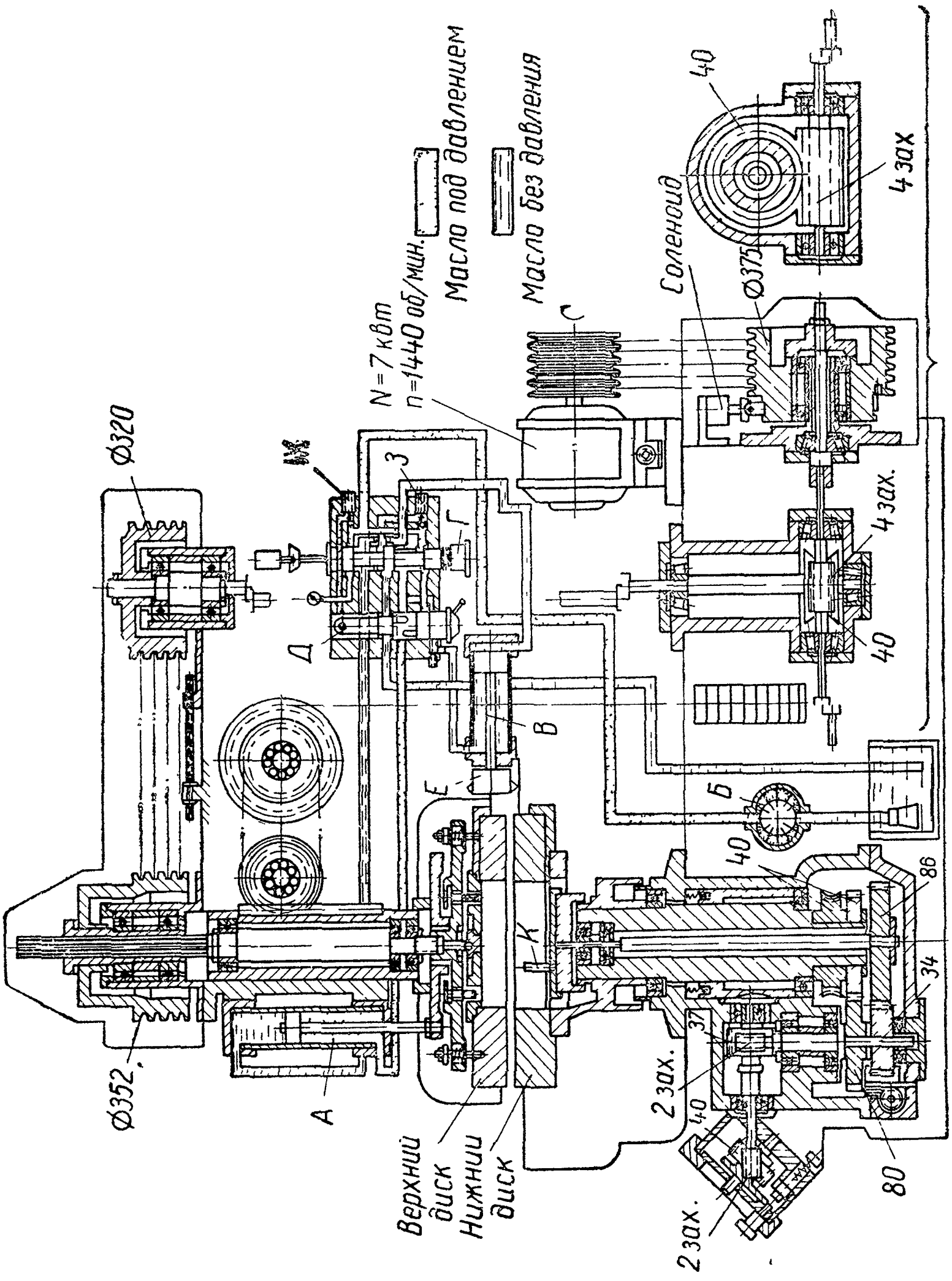
Обычно для притирки используют абразивные порошки со смазочно-охлаждающей жидкостью или различные пасты. Существует много различных рецептов для приготовления паст. Паста ГОИ, разработанная Государственным оптическим институтом (отсюда и название пасты), применяется для доводки закаленных, азотированных и хромированных поверхностей, а также для доводки деталей из чугуна и цветных металлов.

Паста ГОИ выпускается в виде прессованных палочек. В состав пасты входит окись хрома (прокаленная), силикагель, стеарин, расщепленный жир, керосин и др. Паста делится на грубую, среднюю и тонкую. Грубая паста снимает слой металла в пределах от 40 до 17, средняя от 16 до 8 и тонкая от 7 до 1 *мк*. Грубая паста имеет темно-зеленый, почти черный цвет, средняя — темно-зеленый, тонкая — светло-зеленый.

Перед шаржированием пастой поверхность чугунной плиты слегка смачивают керосином, протирают почти досуха чистой тряпкой, а затем покрывают равномерным слоем пасты.

Доводочный станок. По внешнему виду доводочный станок напоминает вертикально-сверлильный станок. Детали закладываются свободно в сепаратор, выполненный в виде диска с прорезями. Форма прорезей соответствует форме обрабатываемых деталей. Сепаратор вместе с деталями, помещенными между верхним и нижним дисками, получает движение от эксцентриков. Такое движение обеспечивает равномерное снятие металла с обрабатываемой поверхности. Верхний и нижний диски вращаются либо в одну сторону, либо в разные стороны с различной скоростью.

Гнезда в сепараторе выполняются по размерам обрабатываемых деталей. Детали располагаются по всей окружности се-



Фиг. 150. Гидрокинематическая схема доводочного станка модели 3816.

паратора, причем их оси направлены не по радиусу, а под некоторым углом к нему. При радиальном расположении деталей получается разница в линейных скоростях отдельных точек по длине детали. Вследствие этого образуется конусность на поверхности детали, причем наиболее удаленный конец ее получается с наименьшим диаметром. Установка деталей под углом к радиусу дает более правильную цилиндрическую поверхность. Подбору угла расположения деталей в сепараторе уделяется большое внимание при наладке станка. При слишком большом угле деталь может получить огранку.

Рассмотрим гидрокинематическую схему доводочного станка модели 3816 (фиг. 150).

Вращение дисков. Нижний и верхний диски приводятся во вращение от одного электродвигателя ($N=7$ *квт*, $n=1440$ об/мин.). При установке на валу электродвигателя сменных шкивов диаметром 150 или 290 *мм* для нижнего диска получают n, равное 58 и 112 об/мин., а для верхнего — 53 и 102 об/мин.

Число оборотов нижнего диска может быть найдено по уравнению

$$n_н = 1440 \cdot \frac{150}{375} \cdot \frac{4}{40}$$

или

$$n_н = 1440 \cdot \frac{290}{375} \cdot \frac{4}{40}.$$

Число оборотов верхнего диска может быть найдено по уравнению

$$n_в = 1440 \cdot \frac{150}{375} \cdot \frac{4}{40} \cdot \frac{320}{352}$$

или

$$n_в = 1440 \cdot \frac{290}{375} \cdot \frac{4}{40} \cdot \frac{320}{352}.$$

Шпиндель верхнего диска уравновешен грузом. Сепаратор, находясь между дисками, приводится в движение от кривошипного пальца K, расположенного на диске шпинделя привода сепаратора. Число оборотов сепаратора может быть найдено по уравнению

$$n_c = 1440 \cdot \frac{150}{375} \cdot \frac{4}{40} \cdot \frac{40}{80} \cdot \frac{34}{86} = 11{,}5 \text{ об/мин.}$$

или

$$n_c = 1440 \cdot \frac{290}{375} \cdot \frac{4}{40} \cdot \frac{40}{80} \cdot \frac{34}{86} = 22 \text{ об/мин.}$$

Изменение величины эксцентрицитета осуществляется путем смещения кривошипного диска с пальцем K.

Гидравлическая система станка. С помощью этой системы создают определенное давление на деталь в процессе доводки; выполняют ускоренный подъем и опускание верхнего диска от цилиндра *А*, работающего от лопастного насоса *Б* производительностью 12 *л/мин* и давлением 15 *ати*; производят алмазную правку абразивных дисков головкой *Е* со штоком *В*. Гидравлической системой управляют от гидропанели, на которой установлены: плунжер управления *Г*; кран переключения цикла и регулирования давления *Д*; клапан низкого давления *Ж*; клапан высокого давления *З*.

Остановка станка. Станок автоматически выключает электродвигатель после окончания процесса доводки, длительность которого задается. Движение к механизму остановки передается от электродвигателя через ременную передачу, червячные и зубчатые передачи и храповое колесо.

Число оборотов храпового колеса может быть найдено по уравнению

$$n_x = 1440 \cdot \frac{150}{375} \cdot \frac{4}{40} \cdot \frac{40}{80} \cdot \frac{2}{37} \cdot \frac{2}{40} = 0{,}08 \text{ об/мин.}$$

или

$$n_x = 1440 \cdot \frac{290}{375} \cdot \frac{4}{40} \cdot \frac{40}{80} \cdot \frac{2}{37} \cdot \frac{2}{40} = 0{,}015 \text{ об/мин.}$$

§ 4. СУПЕРФИНИШИРОВАНИЕ

Суперфиниш — это процесс тончайшей отделки поверхности. Назначение процесса — придать наивысшую степень чистоты поверхности.

Сущность процесса суперфиниширования состоит в том, что с поверхности вращающейся детали снимается слой очень мелкозернистыми абразивными брусками. Эти бруски перемещаются непрерывно и медленно вдоль образующей обрабатываемой поверхности при одновременном возвратно-поступательном движении на величину 2—5 *мм*.

К характерным особенностям суперфиниша относятся: незначительная скорость резания; малая глубина резания; быстрое возвратно-поступательное движение брусков; сложный путь движения каждого абразивного зерна по обрабатываемой поверхности; применение специальной смазывающей жидкости; небольшое давление абразивных брусков; незначительный нагрев детали и незначительная продолжительность обработки.

В процессе суперфиниширования абразивные бруски совершают быстрое возвратно-поступательное движение, примерно от 250 до 1000 *дв. ход/мин*. Число двойных ходов абразивных брусков находится в таком отношении к числу оборотов детали, что

одно абразивное зерно не проходит дважды по одному и тому же пути. Поэтому зерно режет не одним участком грани, выступающим из связки бруска, а различными. Зерно при этом лучше охлаждается. Длина хода каждого зерна мала, и поэтому образуется очень короткая стружка. Обрабатываемая поверхность не шаржируется абразивными зернами, так как их давление на эту поверхность незначительно.

Суперфиниширование ведется с обильной смазкой. Смазка необходима для того, чтобы удалить образующуюся стружку и отработанные абразивные зерна и образовать тонкую масляную пленку, необходимую для достижения высокой степени чистоты обрабатываемой поверхности.

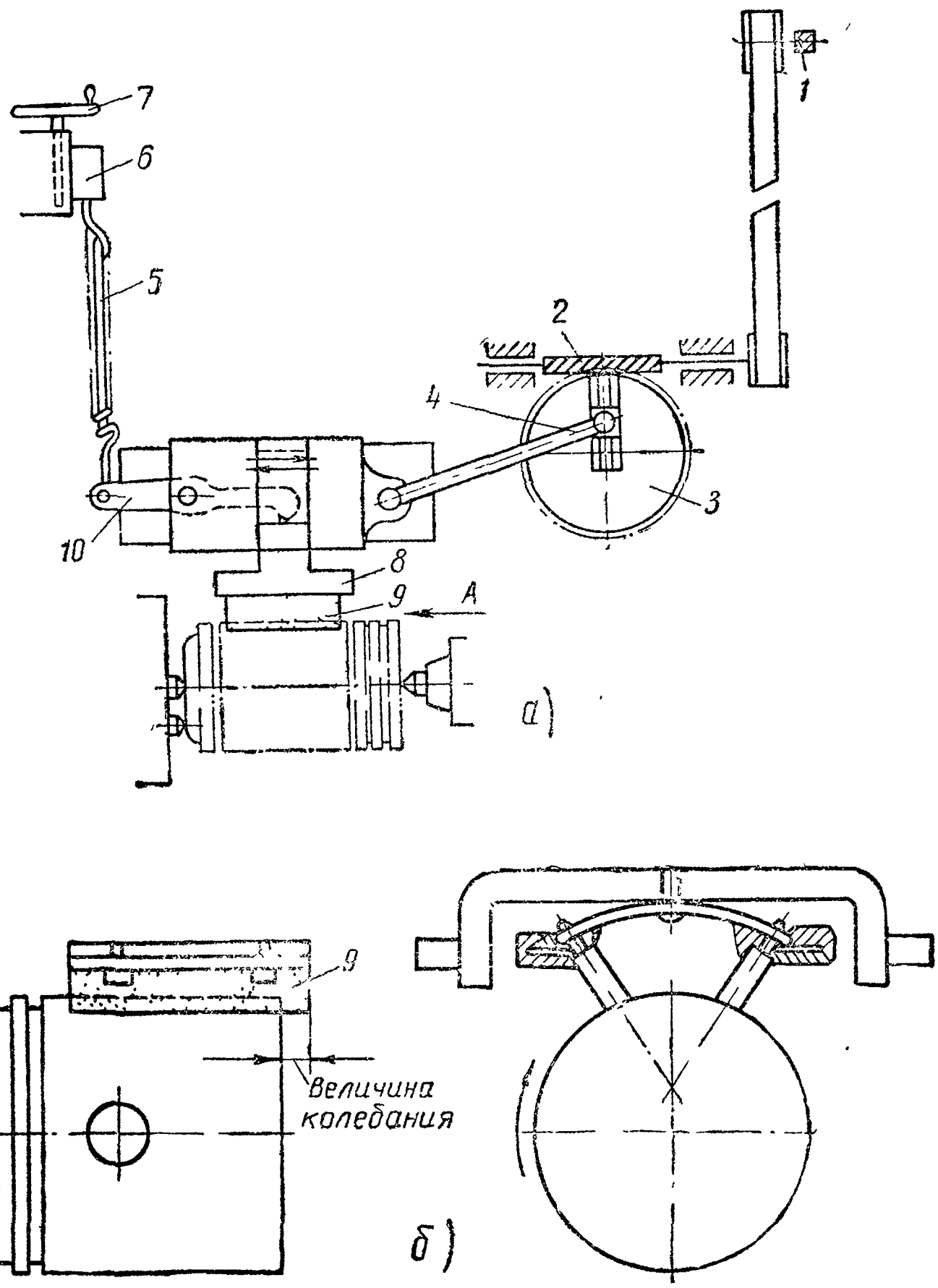
В начале процесса, пока на поверхности имеются гребешки, масляная пленка разрывается острыми вершинами этих гребешков, и происходит срезание верхушек гребешков абразивными брусками. В конце процесса, когда гребешки будут сняты с обрабатываемой поверхности и она станет гладкой, смазка образует непрерывную масляную пленку между поверхностями детали и абразивного бруска. Ввиду незначительного давления брусков процесс резания прекращается, так как масляная пленка воспринимает все давление абразива. Дальнейшее продолжение процесса бесцельно, так как резания больше происходить не будет.

В качестве смазки применяют жидкости следующего состава: керосин — 10 частей, масло — 1 часть или керосин — 10 частей, турбинное масло — 1 часть. При суперфинишировании температура поверхности обрабатываемой детали повышается всего на 1°, а продолжительность обработки составляет от 3 до 50 сек.

Приспособления и станки для суперфиниширования. Для суперфиниширования применяют приспособления для универсальных станков или же специальные станки. Схема приспособления для суперфиниширования поршня приведена на фиг. 151, *а*. Для этой цели был использован круглошлифовальный станок 3Г-12. На его шпиндель установили шкив *1*, от которого движение передается (посредством ременной передачи) на червяк *2* и червячное колесо. На одном валу с червячным колесом находится кривошипный диск *3*. Посредством шатуна *4* брускам *9* сообщается возвратно-поступательное движение (фиг. 151, *б*). Длину этого перемещения брусков можно регулировать, передвигая палец шатуна *4* по прорези диска *3*. Давление на абразив создается при помощи пружины *5*. Ее натяжение можно регулировать винтом *6*, на конце которого насажен маховичок *7*. Пружина поднимает верхний конец рычага *10*, а нижний в это время давит на абразивную головку *8*.

В абразивную головку вставлены бруски, имеющие некото-

рое свободное перемещение в вертикальном направлении. Это дает возможность брускам самоустанавливаться на поверхности обрабатываемой детали. Давление передается бруском через резиновую прокладку. Обрабатываемая деталь приводится во



Фиг. 151. Схема приспособления для суперфиниширования поршня (*а*) и схема его работы (*б*).

вращение так же, как и при наружном круглом шлифовании. Для этого деталь устанавливают между упорными центрами передней и задней бабок станка.

Для суперфиниширования плоских поверхностей применяют специальные станки. В них обработка ведется с помощью брусков, совершающих возвратно-поступательное движение. Обра-

батываемая деталь устанавливается между упорными центрами шлифовальной и задней бабок и получает медленное вращение и возвратно-поступательное движение вместе со столом станка. Два вертикальных суппорта, в которых укреплены абразивные бруски, могут быть установлены по высоте в зависимости от диаметра обрабатываемой детали и могут совершать возвратно-поступательное движение.

Суперфиниш в настоящее время применяется для обработки некоторых автотракторных деталей, деталей металлорежущих станков, валков прокатных станов, в некоторых случаях для обработки режущих и измерительных инструментов.

§ 5. ПОЛИРОВАНИЕ

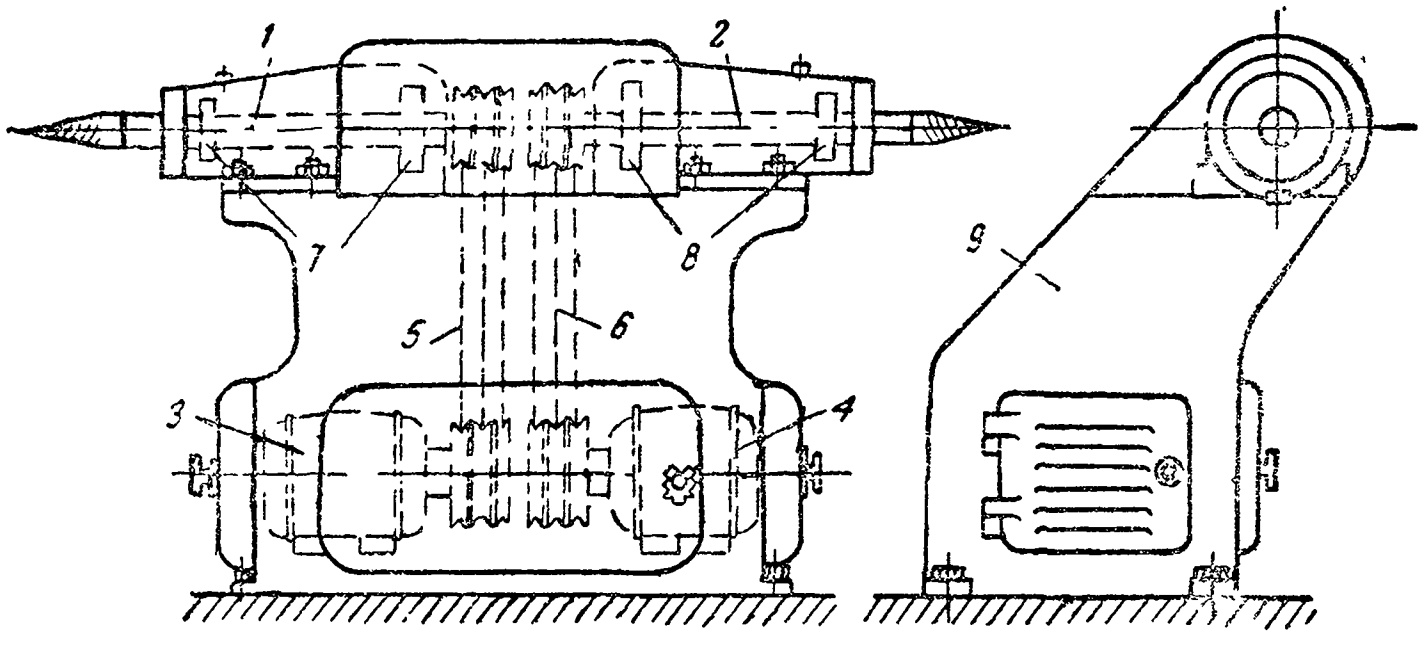
Полирование — это такой процесс, при котором обеспечивается не только гладкость, но и зеркальность обрабатываемой поверхности. Риски на поверхности детали после полирования настолько малы, что они совершенно незаметны невооруженным глазом. Деталь подвергают полированию после чистового шлифования. Для полирования служат круги из ткани, войлока, фетра, кожи и других мягких материалов.

Режущая часть круга — абразивный порошкообразный материал, наносимый на круг и удерживающийся при помощи клея. Рекомендуется применять мездровый клей. Покрытие круга полирующим веществом производится незадолго до его применения. Для этого клей предварительно размачивают в холодной дистиллированной воде, нагревают до температуры 55—60° и при такой температуре клей и абразивный материал наносят на поверхность круга. При нанесении крупнозернистого абразивного материала употребляют густой клей, а для нанесения мелкозернистого — жидкий.

В качестве полирующих веществ применяют те же материалы, что и при доводке. Скорость резания при полировании колеблется от 20 до 35 *м/сек*. При бóльшей скорости наблюдается обугливание кругов, при меньшей процесс полирования замедляется.

Полировальные станки. Полировальные станки делятся на станки для ручного и автоматического полирования. На фиг. 152 показана схема двухшпиндельного полировального станка. Шпиндели *1* и *2* приводятся в движение от индивидуальных электродвигателей *3* и *4*, передающих движение через ремни *5* и *6*. Каждый шпиндель имеет по два подшипника *7* и *8*, обеспечивающих точность работы. На шпинделе устанавливаются полировальные круги. Станина *9* позволяет обрабатывать громоздкие детали. Число оборотов шпинделя станка равно 200 об/мин.

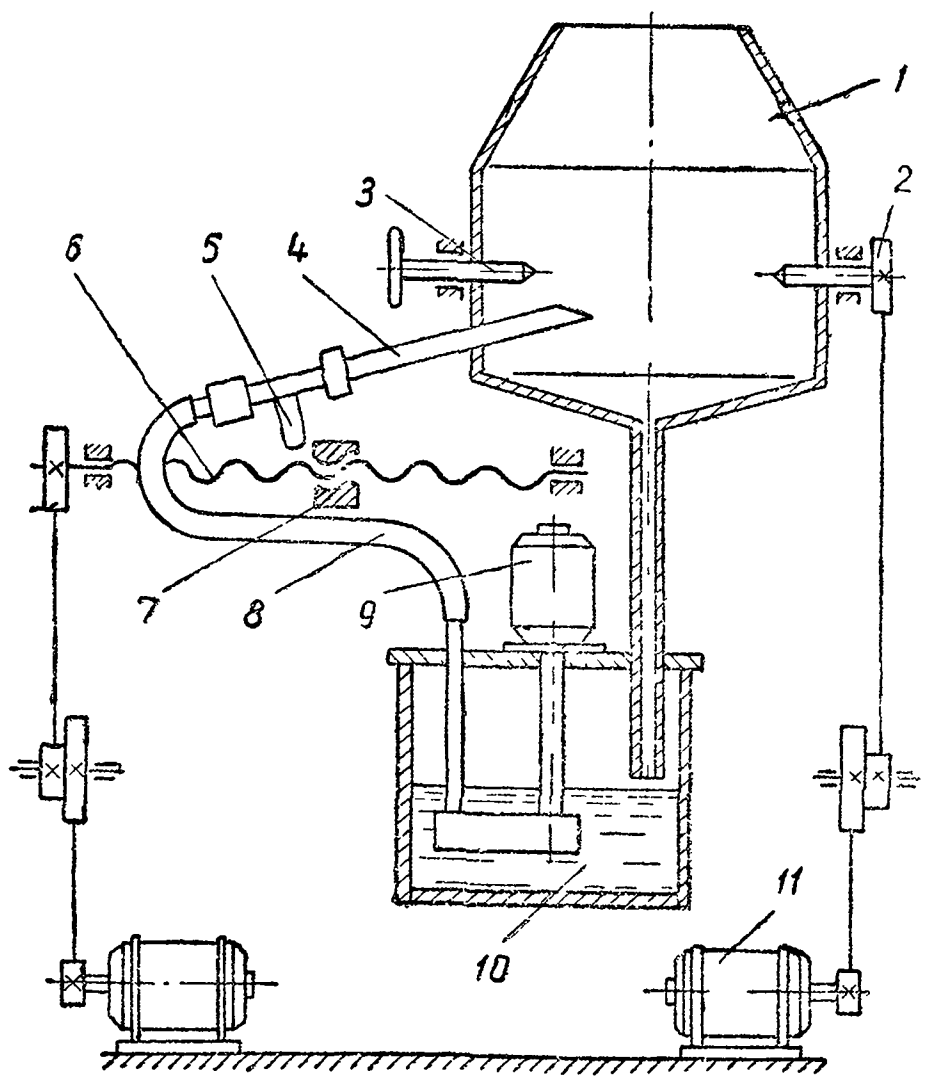
Кроме простейших полировальных станков, выпускаются универсальные полировальные станки, снабженные большим



Фиг. 152. Двушпиндельный полировальный станок.

количеством полировальных кругов. Эти круги можно устанавливать под различными углами, в зависимости от формы полируемой детали, и производить обработку одновременно всей поверхности детали.

Жидкостное полирование. Сущность жидкостного полирования состоит в том, что свободные абразивные зерна, смешанные с водой и антикоррозионной добавкой, выбрасываются через сопло со скоростью 50 *м/сек* и выше на обрабатываемую деталь. При этом зерна ударяются о гребешки на обрабатываемой поверхности и заглаживают их. Выбрасывание абразивной смеси осуществляется насосом высокого давления. Жидкостное полирование иногда называют жидкостным хонингованием.



Фиг. 153. Схема установки для жидкостного полирования.

На фиг. 153 показана установка для жидкостного полирования. Она представляет собой камеру *1*, в которой находятся центры бабок *2* и *3*; между ними закрепляют обрабатываемую

деталь. Для закрепления детали применяют и другие приспособления. Деталь приводится во вращение с помощью электродвигателя *11*. Абразивная смесь, находящаяся в баке *10*, электронасосом *9* и гибким шлангом *8* направляется в форсунку *4*, в которую также подается сжатый воздух по трубе *5*. Перемещение форсунки *4* осуществляется от электродвигателя с помощью каретки *7* и винта подачи *6*. Форсунку устанавливают под нужным углом.

Для жидкостного полирования применяют шлифзерно, шлифпорошки и микропорошки из электрокорунда и карбида кремния. Абразивная смесь обычно составляется из 25—50 весовых частей абразивных зерен и 75—50 весовых частей содовой эмульсии. Производительность жидкостного полирования зависит от давления воздуха и скорости струи, зернистости и концентрации абразива в жидкости, от угла наклона сопла и расстояния его от обрабатываемой поверхности. Чистота обработанной поверхности получается по 8 классу. Жидкостное полирование является эффективным средством чистовой отделки деталей, имеющих сложную форму: лопатки турбин, кузнечные штампы, гребные винты и т. п.

§ 6. ЛЕНТОЧНОЕ ШЛИФОВАНИЕ

Под ленточным шлифованием понимают процесс шлифования лентами на бумажной или тканевой основе, покрытыми абразивными зернами. На основу ленты наносят абразивный слой толщиной до 3 *мм*, который соединяется с основой посредством специального клея или синтетических смол. Зернистость абразива зависит от вида шлифования: при грубом шлифовании 80—16, при отделочном от 12 до 3. Величина снимаемого слоя при шлифовании может доходить до 0,75—1,5 *мм*. По данным ВНИИАШ, при зернистости 16—10 можно получить поверхность до 9 класса чистоты, а при зернистости 5 получают 11 класс чистоты.

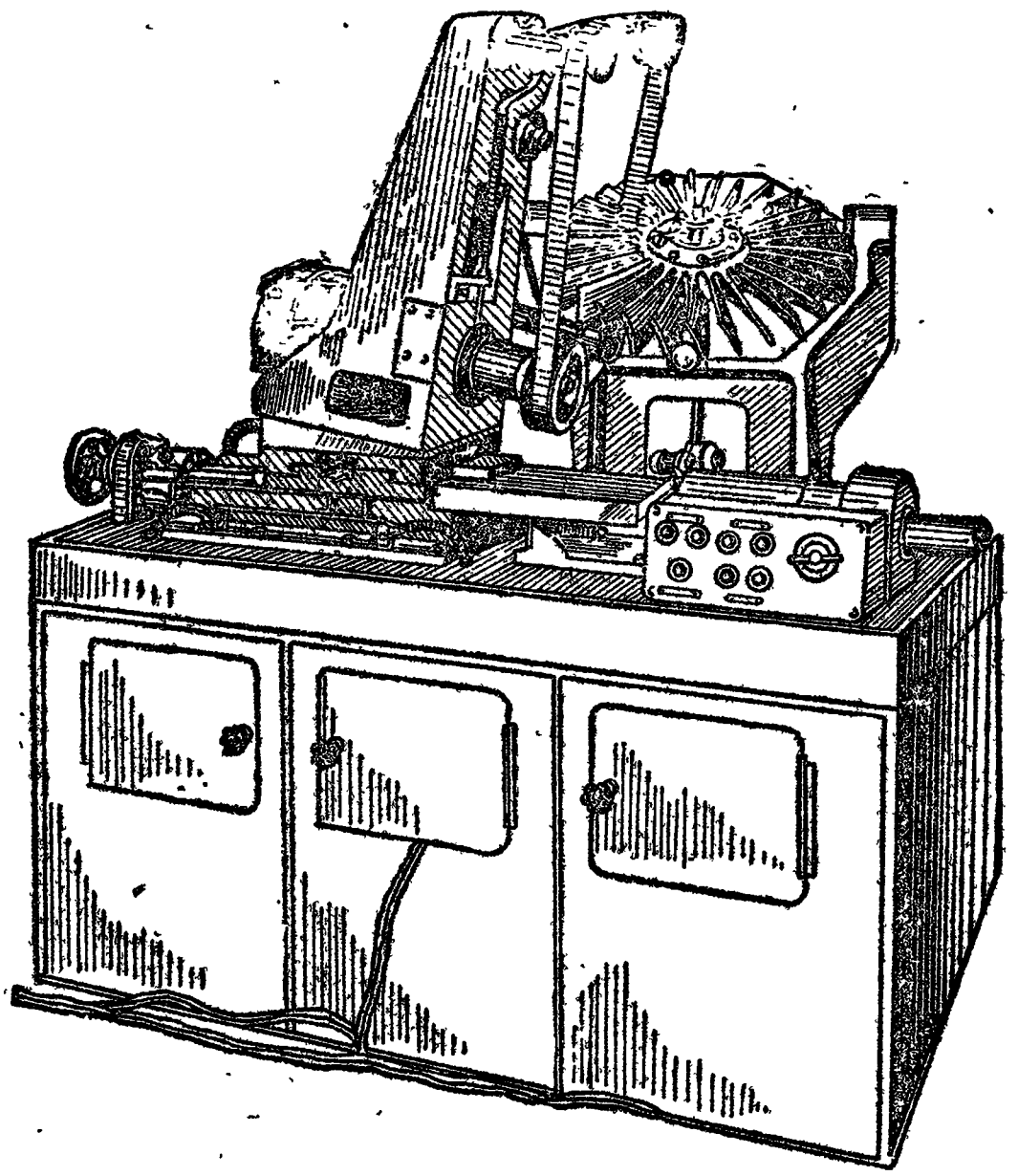
Ленточное шлифование применяют для отделки фасонных деталей, прутков и труб; для доводки твердосплавных инструментов, фильер, заделки сварочных швов при обработке неметаллических материалов и т. д. Ленточное шлифование имеет следующие преимущества:

1. Поверхность соприкосновения ленты с обрабатываемой деталью значительно больше, чем с шлифовальным кругом; можно обрабатывать фасонные и прерывистые поверхности, труднодоступные места.

2. Скорость шлифования постоянна, процесс протекает плавно и без ударов, поэтому не требуется балансировка ленты и направляющих роликов.

3. Оборудование просто в обслуживании и занимает небольшую производственную площадь.

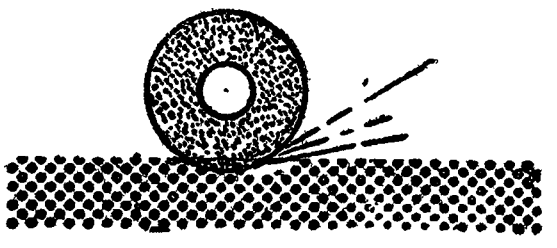
Станки для ленточного шлифования. Конструкция станков для ленточного шлифования зависит от принятого вида шлифования: свободной лентой, с опорной плитой, контактное, профильно-контактное, бесцентровое, барабанно-ленточное. Применяемые ленты имеют натяжные устройства. На фиг. 154 показан станок для ленточного полирования спинки лопатки воздухосборника.



Фиг. 154. Ленточно-полировальный станок.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое хонингование и какой при этом применяется абразивный инструмент?
2. Что такое притирка?
3. Основные преимущества обработки поверхностей детали суперфинишированием.
4. Каковы преимущества ленточного шлифования?
5. В чем состоит процесс жидкостного полирования?



ГЛАВА ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

§ 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ

Технологическим процессом обработки называют последовательное превращение заготовки в готовую деталь путем изменения ее размеров, формы, а часто и физических свойств. Изменение размеров и формы заготовки происходит во время механической или слесарной обработки, а их физические свойства изменяются во время термической обработки. Очень часто деталь подвергается механической и термической обработке.

Любой технологический процесс складывается из следующих основных элементов: операция, установка, переход и проход.

Операция. Операцией называется часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте, одним рабочим или же одной бригадой рабочих. В качестве примера шлифовальной операции можно привести шлифование вала в центрах. Чтобы прошлифовать тот конец вала, на который был надет хомутик, вал приходится переставлять. Шлифование вала, выполняемое сначала на одном его конце, а затем на другом, будет одной операцией, если оно производится на одном и том же рабочем месте.

Установка — часть технологической операции, выполняемая при одном закреплении детали. В рассмотренном примере вал шлифовали за две установки: за первую установку — конец до хомутика, затем вал повертывали и меняли положение хомутика; за вторую установку — конец вала, на котором находился хомутик. Чаще всего валы шлифуют с одной установки.

Переход — часть операции, во время которой обрабатывается одна или несколько поверхностей (в случае применения комбинированного инструмента) при одних и тех же инструменте и режиме резания. Таким образом, перемещение шлифовального круга с одной поверхности на другую, изменение режима резания создает отдельные переходы. Например, первый переход —

прошлифовать грубо по наружному диаметру; второй переход — прошлифовать начисто по наружному диаметру.

Проход. Проходом называется часть перехода, в течение которой снимается один слой металла. Переход делят на проходы в тех случаях, когда с одного раза нельзя снять весь слой металла, подлежащий удалению в данном переходе.

Чтобы получить готовую деталь любой сложности, нужно разработать технологический процесс ее изготовления. В технологическом процессе указываются размеры и форма заготовок, последовательность операций, припуски и допуски, а также применяемое оборудование, приспособления, инструмент и режим обработки.

Технологический процесс обработки отдельных деталей машины есть только часть общего производственного процесса изготовления всей машины. Поэтому технологический процесс делят на этапы:

а) заготовительные операции — отливка, ковка, штамповка, отрезка заготовок из проката;

б) обработка заготовок на металлорежущих станках;

в) слесарная обработка и подгонка деталей по месту; данный этап обработки в массовом производстве отсутствует, так как там достигается полная взаимозаменяемость деталей уже при механической обработке;

г) сборка узлов и комплектов;

д) окончательная сборка всей машины.

Выбор способа обработки зависит от очень многих условий: количества обрабатываемых деталей, вида заготовки, наличия оборудования, приспособлений и режущего инструмента, квалификации рабочих и т. п. Показателями правильности выбора способа обработки детали являются время изготовления и себестоимость обработки.

Общий порядок выполнения операций технологического процесса следующий: вначале выполняют черновую обработку, при которой снимают бо́льшую часть припуска, затем производят чистовую обработку, при которой достигаются необходимая точность размеров и чистота обработанной поверхности. Однако в ряде случаев такой обработки оказывается недостаточно и применяют еще отделочную обработку: шлифование, доводку, полирование и т. п.

§ 2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Существует три основных типа производства: единичное, серийное и массовое. В зависимости от типа производства строится и технологический процесс.

В *единичном* производстве каждое изделие изготовляется единицами, причем эти изделия не повторяются или повторяются очень редко. Завод единичного производства должен иметь универсальное оборудование, стандартный режущий инструмент, универсальные приспособления (планшайбы, угольники, подставки, люнеты, патроны, оправки и др.) и универсальный измерительный инструмент (штангенциркули, нутромеры, микрометры, штихмасы и т. п.).

Серийное производство характеризуется изготовлением одинаковых изделий партиями или сериями. В зависимости от количества и трудоемкости изделий в серии различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производство. На заводах серийного производства применяют специальные приспособления, предназначенные для выполнения отдельных операций, специальный режущий инструмент, облегчающий и ускоряющий выполнение операций, и специальный измерительный инструмент (приборы, шаблоны и калибры).

Массовым производством называется такое производство, в котором обрабатывается большое количество одинаковых деталей и повторяющиеся операции выполняются на одних и тех же рабочих местах. Технологический процесс в массовом производстве точно рассчитывают и разбивают на простейшие (элементарные) операции.

Каждая простая операция выполняется на определенном станке и рабочем месте. Станки применяются главным образом узкоспециализированные, приспособленные для выполнения определенной операции на однородных деталях. Приспособления и режущий инструмент служат только для выполнения определенных операций. Часто такие приспособления являются неотъемлемой частью станка, и без них станок не может производить работу.

В качестве измерительного инструмента применяют специальные, часто автоматизированные, измерительные приборы, предельные калибры и шаблоны.

Массовое производство, как правило, является поточным и характеризуется закреплением операций за определенными рабочими местами, расположением рабочих мест в порядке следования операций, ритмичностью операций в поточных линиях по времени. В таком производстве технологический процесс изготовления машины выполняется на поточных линиях, обрабатывающих отдельные детали, которые затем постепенно вливаются в линию сборки узлов машины. Отдельные узлы в свою очередь попадают на линию общей сборки машины — на главный сборочный конвейер, с которого сходят готовые машины. На заводах работают различные поточные линии. На автоматических

поточных линиях рабочий загружает заготовку в бункер, находящийся в начале линии. Заготовка автоматически проходит через все станки линии и готовой деталью попадает в приемный бункер или другое устройство.

При составлении технологического процесса необходимо стремиться к тому, чтобы обработка велась при наиболее полном использовании станка, инструмента и приспособлений и с наивыгоднейшими режимами резания, допустимыми механизмами станка.

Основные элементы резания — скорость, подача и глубина резания — должны быть наивыгоднейшими, т. е. такими, при которых достигается:

а) наиболее полное использование мощности станка путем подбора наибольшей допустимой подачи при заданной глубине резания;

б) наиболее экономичное использование инструмента при наибольшей скорости резания, большем сечении стружки и наименьшей затрате времени на обработку.

Принципы построения технологического процесса. На практике применяют два различных принципа разработки технологического процесса. Первый принцип характеризуется расчленением технологического процесса на простейшие операции, в которых иногда каждый переход выполняется за отдельную установку. Второй принцип характеризуется укрупнением операций таким образом, чтобы в них было сосредоточено большое количество переходов.

При расчленении сложной операции на простейшие станок налаживают только один раз для первой детали партии. Это дает возможность использовать автоматику станка (например, упоры), развивать ритмичность рабочих движений, связанных с отводом и подводом режущего инструмента, установкой и снятием обработанных деталей. Все это приводит к значительному увеличению числа установок, поэтому необходимо применять быстродействующие приспособления, позволяющие быстро и точно устанавливать заготовку перед каждой операцией. При укрупнении операций, наоборот, уменьшается число установок, чем обеспечивается большая точность геометрической формы и взаимного расположения поверхностей обрабатываемых деталей.

При укрупнении операций станки должны быть более сложными, однако количество станков уменьшается, чем сокращается потребная производственная площадь в цехе. Типичными примерами этих станков являются автоматы и полуавтоматы.

Технологическая дисциплина. Технологический процесс изготовления любой детали, оформленный в виде технологической

карты, должен строго соблюдаться. Это — основной закон производства.

Соблюдением установленной технологической дисциплины предусматривается применение наиболее рациональных способов обработки деталей и режимов резания. Технологические процессы после их разработки обсуждаются мастерами, технологами и передовыми рабочими. После этого они утверждаются и передаются на рабочие места. Нарушение технологической дисциплины недопустимо. Однако производство не стоит на одном уровне, оно непрерывно совершенствуется и улучшается. Поэтому как бы хорошо ни были разработаны технологические процессы, они нуждаются в непрерывном совершенствовании на основе достижений науки, техники и практики. Шлифовщики-новаторы в своей повседневной работе проявляют большую изобретательность, направленную на рационализацию технологических процессов.

В социалистическом производстве рационализация технологических процессов является основным источником совершенствования производства, снижения себестоимости продукции и улучшения ее качества.

Изменение технологических процессов с целью их улучшения производится технологическим отделом завода или бюро цеха. Неорганизованное изменение, произведенное без ведома этих органов, может нанести ущерб предприятию. Изменения в утвержденной технологической документации выполняются по проверенным рационализаторским предложениям и после проведения исследовательских работ. С целью широкого привлечения рабочих к усовершенствованию действующего технологического процесса на заводах существуют отделы рабочего изобретательства (БРИЗ), которые и ведут работу с рационализаторами. За каждое внедренное рационализаторское предложение автору его выплачивается денежная премия, размер ее определяется полученной заводом экономией.

§ 3. ПРИПУСКИ НА ОБРАБОТКУ

Одним из главных вопросов при создании технологического процесса является вопрос о правильном назначении общих и операционных припусков.

Общий припуск. Общим припуском на обработку детали называется толщина слоя металла, который необходимо удалить с поверхности, чтобы придать ей заданную форму. Прежде чем попасть на шлифовальный станок, деталь обычно обрабатывается на других станках, общий припуск на ее обработку распределяют между всеми операциями.

Припуск на операцию. Припуском на операцию (или переход) называется толщина слоя металла, который следует удалить на данной операции. Размер припуска чаще указывается «на сторону». Иногда при обработке круглых деталей припуск указывается «на диаметр». Припуск «на сторону» или «на диаметр» всегда оговаривается в эскизе обработки или технологической карте.

Заготовка, из которой изготовляется деталь, может быть получена путем отливки, ковки, горячей и холодной штамповки, прессованием и т. д. или же предварительной ее механической обработкой на станках. Применение заготовок с излишне большими припусками вызывает дополнительные операции и переходы.

Это увеличивает время на обработку детали, повышает ее себестоимость, кроме того, часть металла напрасно переводится в стружку, расходуется лишняя энергия и инструмент. Наоборот, малые припуски могут служить причиной брака обрабатываемых деталей, так как при этом могут остаться на обрабатываемой поверхности необработанные места (черновины). Кроме того, изготовление заготовок с малыми для последующей обработки припусками требует применения совершенного и дорогого оборудования в заготовительных цехах. Однако это экономично только при достаточно большой партии изготовляемых деталей.

Припуск на шлифование. Припуском на шлифование называется разница между размерами детали, поступающей на данную операцию, и ее размерами после выполнения операции. Припуск на шлифование, как правило, должен быть таким, чтобы его удаление происходило без излишних затрат рабочего времени, однако его величина должна быть достаточной для получения заданных размеров детали. Такой припуск называется *нормальным*. Повышенные припуски вызывают излишние затраты времени на шлифование и увеличивают себестоимость операции.

§ 4. ВЫБОР УСТАНОВОЧНЫХ БАЗ

Понятие о базах. При проектировании технологического процесса очень важен правильный выбор поверхностей, по которым должна производиться установка заготовок по отношению к режущему инструменту. Заготовки могут устанавливаться в центрах, патроне, приспособлении и т. д. Поверхности, по которым производится такая установка, называются *установочными базовыми поверхностями*, или *установочными базами*. Установочные базы делятся на основные и вспомогательные.

Основные базы. Основной, или конструкторской, базой называется такая поверхность, которая используется для установки детали во время ее обработки и для соединения этой детали при сборке с другой деталью. Так, центральное отверстие зубчатого колеса является основной базой: эта поверхность служит базой для его посадки на вал и базой для его установки на шлифовальную оправку.

Вспомогательные базы. Вспомогательной базой называется поверхность, которая не сопрягается с поверхностью другой детали и не оказывает влияния на ее работу в машине. Например, для шлифования вал устанавливают в упорных центрах станка. Для этого в торцах вала сверлят центровые отверстия, которые не нужны для его дальнейшей работы и поэтому являются вспомогательной базой. Вспомогательные базы иногда называют технологическими.

Правила выбора базы. Наибольшей точности детали можно достигнуть в том случае, если весь процесс обработки ведется ст одной базы и с одной установки, так как возможные смещения детали при каждой новой установке вносят ошибки во взаимное расположение осей и поверхностей этой детали.

В большинстве случаев обработать деталь на одном станке невозможно и приходится применять другие станки. Поэтому необходимо все дальнейшие операции и установки производить на одну и ту же базу. *В этом состоит правило постоянства баз.* Обработку заготовки следует начинать с той поверхности, которая будет служить установочной базой для дальнейших операций.

Базовая поверхность по своим размерам должна обеспечивать надежное и прочное крепление детали, при котором она не изменит своего положения во время обработки.

§ 5. КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

При составлении технологической карты технологический процесс детали разбивают на операции и переходы. Одновременно выбирают станок, на котором будет выполняться операция, указывают его наименование, тип, марку и основные размеры; для круглошлифовальных станков указывают также высоту центров и расстояние между ними.

После определения типа и размера станка выбирают приспособление, необходимое для данной операции. Если требуется нормальное приспособление, являющееся принадлежностью станка (тиски, люнет и т. д.), то в карте указывается его наименование.

Если требуется специальное приспособление, то в карте пишут «специальное приспособление» и указывают его номер. Технолог дает схему приспособлений, исходя из условий и требований обработки, а конструктор выполняет чертеж, по которому изготовляется приспособление.

При выборе станка и приспособления одновременно указывается, какой режущий и измерительный инструмент необходим для выполнения данной операции. Для режущего инструмента — шлифовального круга — следует указать его характеристику (размеры, твердость, зернистость, связку, абразивный материал).

В графе «Измерительный инструмент» указывают, какого вида инструмент используется для обмера детали. Для каждого перехода, входящего в состав операции, выполняемой на данном станке, указывают размер обрабатываемой поверхности — диаметр и длину или ширину и длину; по этим размерам подсчитывают время, необходимое для обработки детали на данном переходе.

При разработке технологического процесса изготовления какого-либо изделия на каждую деталь, входящую в это изделие, составляют отдельную технологическую карту механической обработки и отдельную технологическую карту слесарной обработки и сборки изделия.

В карте механической обработки должны быть указаны все сведения о детали.

Для более ясного представления технологический процесс сопровождается графическим изображением (эскизами) переходов обработки с изображением способа крепления и положения детали на станке и в приспособлении, а также положения инструмента относительно обрабатываемой поверхности. Места обработки на эскизе отмечаются жирными или красными линиями или же позициями.

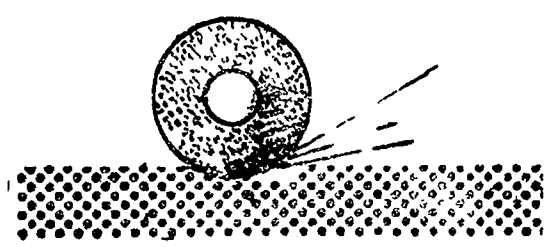
Карты имеют определенную форму с соответствующей разбивкой на графы.

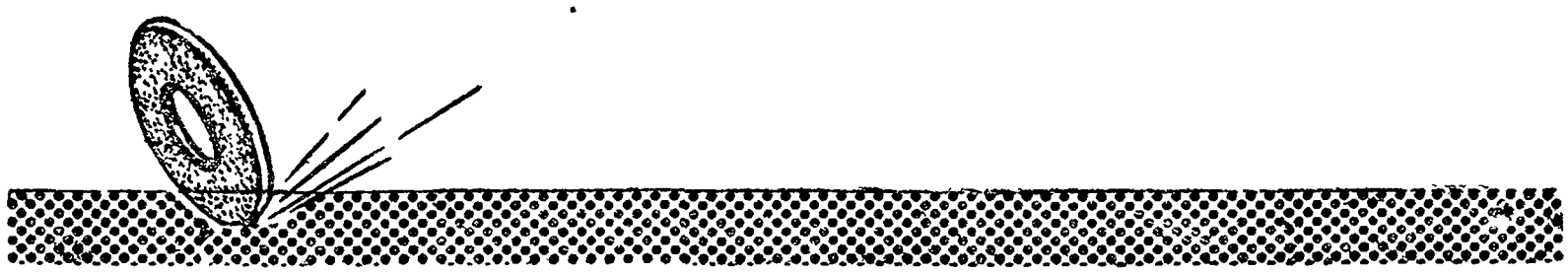
В тех графах, где должны быть помещены данные об обрабатываемой детали, указывается: наименование изделия; наименование детали; номер детали; номер чертежа; номер модели, если деталь литая; наименование и марка материала, из которого изготовляется деталь; вес заготовки и вес готовой детали (чистый вес); количество деталей на одно изделие; количество деталей в партии.

Прежде чем попасть на шлифовальный станок, деталь проходит длинный и сложный путь. Поэтому брак, допущенный шлифовщиком, сводит к нулю все работы, которые были выполнены на предыдущих операциях.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется операцией, установкой, переходом, проходом?
2. Каковы принципы построения технологического процесса?
3. Перечислите виды производства.
4. Для чего необходимо строго соблюдать технологическую дисциплину?
5. Какие существуют виды припусков на обработку деталей?
6. Как выбирают установочные базы при шлифовании?
7. Для чего предназначена карта технологического процесса?





ГЛАВА ПЯТНАДЦАТАЯ

ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА И ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Важнейшей задачей организации производства является неуклонное повышение производительности труда, как основы экономического могущества социалистического государства.

Задача организации производства на предприятии состоит в создании условий для выполнения и перевыполнения плана предприятия при непрерывном улучшении качества продукции, обязательном улучшении условий труда и в повышении технического и культурного уровня трудящихся.

Для непрерывного роста производительности труда необходим высокий уровень организации производства. Главные требования к организации производства:

а) максимальная механизация и автоматизация производственных процессов;

б) безопасность работы;

в) бесперебойное снабжение рабочего места материалами, инструментом, технической документацией;

г) своевременный инструктаж и контроль.

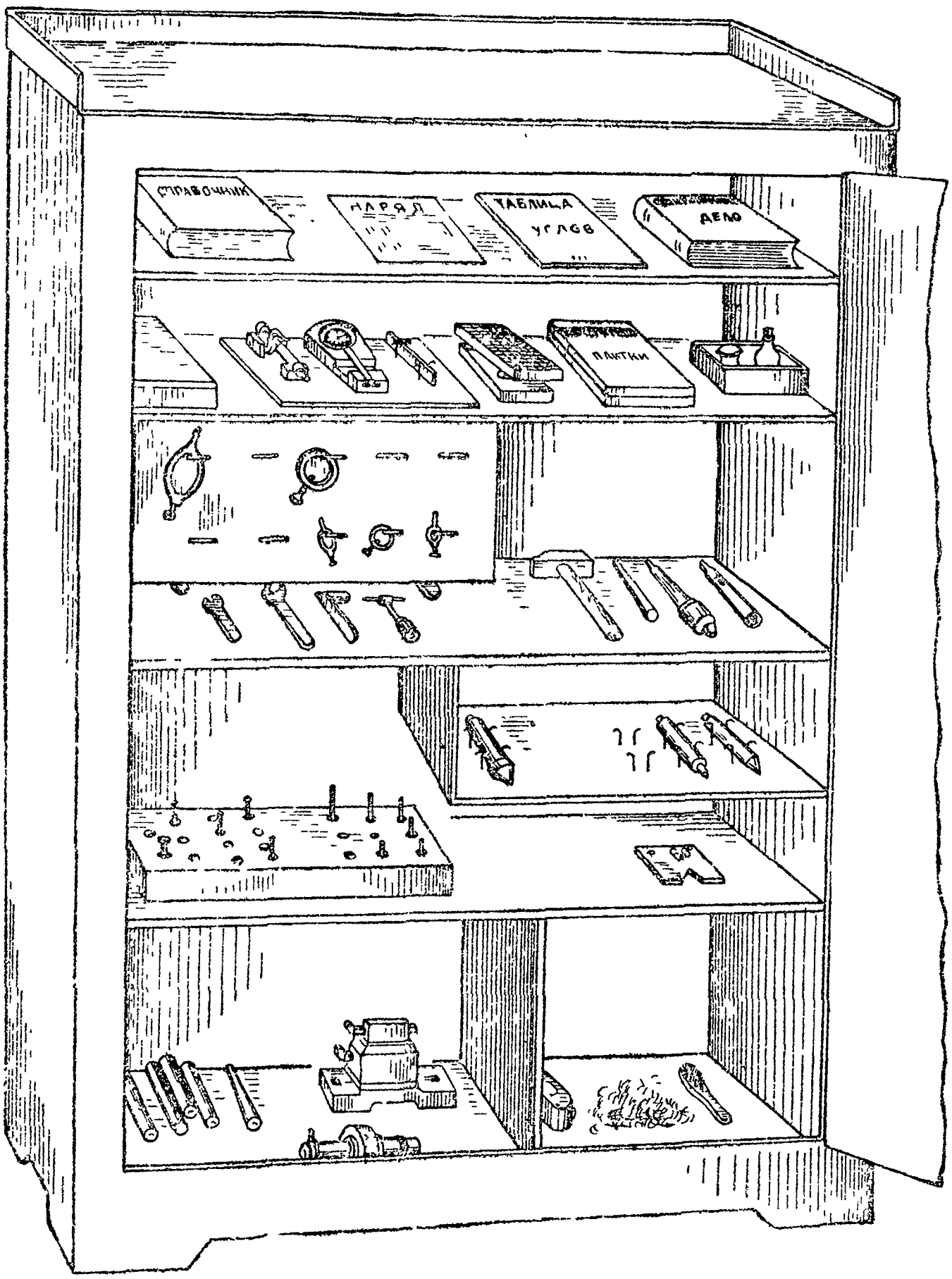
§ 2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА

Часть территории цеха с необходимым оборудованием и инвентарем, на котором рабочий выполняет заданную ему работу, называется *рабочим местом.* Так, шлифовальный станок с приспособлениями, шкафчик и то место, по которому перемещается рабочий, управляя станком, является рабочим местом шлифовщика.

Порядок расположения инвентаря, приспособлений, инструмента, заготовок и готовых деталей во время работы и хранение их после работы называется организацией рабочего места.

На рабочем месте должны находиться те предметы, которые

действительно необходимы для выполнения данной операции, причем каждый предмет должен располагаться на определенном месте. Придерживаются следующего правила: все, что берется левой рукой, должно находиться слева; все, что берется правой



Фиг. 155. Рабочий шкафчик шлифовщика.

рукой, должно лежать справа; все, чем пользуются чаще, располагается ближе, а то, чем пользуются реже, может лежать дальше. Часто употребляемые материалы и инструменты хранят на верхних полках, а все то, что требуется реже,— на нижних. Необходимые для работы мелкие заготовки, если для них нет специальных стеллажей или ящиков, надо складывать в

стойки рядами. Измерительный инструмент необходимо класть отдельно от режущего инструмента; заготовки — отдельно от готовых деталей.

Примерное расположение предметов в рабочем шкафчике станочника показано на фиг. 155. На полках шкафа и на полу рекомендуется краской нанести линии или надписи с указанием, что и на каком месте должно находиться. Для грязных тряпок служит металлический ящик с крышкой.

Состояние рабочего места свидетельствует об уровне производственной культуры рабочего.

Правильная организация рабочего места не решает полностью успеха в работе. Приступая к изготовлению какой-либо детали, надо выбрать не только инструмент, приспособления, режимы обработки, но и продумать, как следует организовать свой труд, чтобы работать производительно и с наименьшей утомляемостью.

§ 3. ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ

Задачей технического нормирования является определение времени, необходимого для обработки детали при принятом для нее технологическом процессе. Техническое нормирование позволяет рассчитать производственные мощности заводов, цехов и производительность отдельных станков, определить потребность в оборудовании и рабочей силе. Без технического нормирования невозможно составление реальных производственных планов завода, цеха, участка, невозможно планирование промышленности в целом. Техническая норма является основой для определения себестоимости выпускаемой заводами продукции, а также для установления заработной платы рабочим.

Норма выработки и норма времени. Под *нормой времени* понимают время, потребное для обработки детали при определенном технологическом процессе. При определении нормы времени необходимо предусматривать следующее:

а) станочник не должен выполнять таких работ, которые выполняют вспомогательные рабочие;

б) в норму не должно включаться время на приемы, которые могут быть выполнены одновременно с работой станка;

в) в норму не должны входить потери времени из-за каких-либо организационных неполадок;

г) в норму не должны входить потери времени на исправление забракованных или на изготовление взамен их новых деталей;

д) при установлении нормы времени должны учитываться нормальные припуски на обработку, нормальный сорт и качество материала, соответствующие станок и инструмент.

Норма выработки измеряется количеством деталей, обработанных в единицу времени (обычно за час или за смену). Норма выработки изменяется в связи с изменением технологических процессов, с совершенствованием технологии производства, внедрением механизации и автоматизации и ростом общей технической культуры.

Состав нормы времени. Техническая норма времени на партию деталей состоит из двух основных частей:

а) нормы подготовительно-заключительного времени;

б) нормы штучного времени.

Подготовительно-заключительным временем называется время, которое затрачивается на ознакомление с чертежом и технологическим процессом; на установку инструмента (шлифовального круга) и приспособлений для выполнения заданий, наладку станка, снятие инструмента (шлифовального круга) и приспособлений и выполнение всех приемов, связанных с окончанием заданной работы. Подготовительно-заключительное время затрачивается рабочим один раз при изготовлении заданной партии деталей.

Составными частями нормы штучного времени являются:

1) основное (технологическое) время;

2) вспомогательное время;

3) время обслуживания рабочего места;

4) время перерывов на отдых и т. д.

Основным (технологическим) временем t_o называется такое время, в течение которого происходит изменение формы и размеров обрабатываемой детали. Основное время, таким образом, может быть:

а) машинным, если изменение формы и размеров детали производится на оборудовании без непосредственного участия рабочего, например, шлифование вала на шлифовальном станке с автоматической подачей стола;

б) машинно-ручным, если изменение формы и размеров детали производится на оборудовании с участием рабочего, например, шлифование вала на шлифовальном станке с ручной подачей стола;

в) ручным, если изменение формы и размеров детали производится рабочим вручную.

Вспомогательным временем $t_в$ называется такое время, которое затрачивается рабочим на различные приемы для выполнения заданной работы. К вспомогательному времени относится время на:

а) установку и снятие детали, зажим и освобождение детали;

б) управление станком (пуск и остановка станка, подвод

и отвод инструмента, изменение величины продольной подачи и т. д.);

в) контроль обрабатываемых деталей.

Время обслуживания рабочего места $t_{обрм}$ есть то время, которое затрачивается на уход за рабочим местом в течение смены. Оно подразделяется на время технического и организационного обслуживания рабочего места.

Время технического обслуживания рабочего места включает в себя время на смену инструмента (шлифовального круга) вследствие износа его, время на регулирование и подналадку станка в процессе работы, время на правку шлифовального круга, время на сметание стружки в процессе работы.

Время организационного обслуживания рабочего места включает в себя время на раскладку и уборку инструмента в начале и в конце смены и время на смазку и чистку станка.

Время перерывов на отдых дается в норме в зависимости от условий работы, напряженности труда и т. п. В норму включается время перерывов только лишь на тяжелых работах. Во всех остальных случаях время на отдых в норму времени не включается, в ней предусматривается лишь время на естественные надобности.

Время занятости рабочего при выполнении операции складывается из следующих элементов: вспомогательного времени, основного, если оно машинно-ручное, и времени на обслуживание рабочего места. Формула нормы штучного времени имеет вид

$$T_{шт}=t_o+t_в+t_{обрм}+t_{ен},$$

где t_o — основное время в мин.;

$t_в$ — вспомогательное время в мин.;

$t_{обрм}$ — время обслуживания рабочего места (организационное и техническое) в мин.;

$t_{ен}$ — время, необходимое на естественные надобности, в мин.

На практике время обслуживания рабочего места и время на естественные надобности определяется не в минутах, а в процентном отношении от основного и вспомогательного времени.

Норма времени на операцию T определяется по формуле

$$T=T_{шт}+\frac{t_{пз}}{z},$$

где z — число деталей в партии.

Зная норму времени на операцию в минутах, можно определить норму выработки в штуках

$$H_в=\frac{480}{T}=480 \text{ (в смену)};$$

$$H_в=\frac{60}{T}=60 \text{ (в час)}.$$

Чем меньше норма времени на операцию T, тем выше норма выработки $H_в$, а следовательно, и выше производительность труда рабочего.

По данным Экспериментального научно-исследовательского института металлорежущих станков (ЭНИМС), на основании всестороннего изучения опыта работы лучших шлифовальщиков и рядовых рабочих было установлено, что на резание (основное время) расходуется от 30 до 75% всего рабочего времени, остальное составляет вспомогательное, подготовительно-заключительное и т. п.

Предположим, что при обработке какой-то детали на круглошлифовальном станке затрачивается 10 мин., из них 5 мин. составляет машинное время, а остальные 5 мин. приходятся на вспомогательное время. Таким образом, шлифовщик изготовляет 6 деталей в час. Допустим, что ему удалось уменьшить машинное время вдвое за счет увеличения скорости резания и подачи. Тогда на изготовление детали ему потребуется 2,5 мин. машинного времени, а на все ручные приемы он по-прежнему затратит 5 мин. Это даст возможность изготовить в час уже 8 деталей. В первом случае в течение смены шлифовщик работает 210 мин. и его станок также работает 210 мин., во втором случае в течение этого же времени шлифовщик работает 280 мин., а станок всего 140 мин. Следовательно, с увеличением скорости резания при обработке небольших деталей объем ручного труда увеличивается, если одновременно с повышением скорости не принимаются меры по уменьшению вспомогательного времени за счет автоматизации ручных приемов.

Если уменьшить только вспомогательное время вдвое, т. е. вместо 5 затрачивать 2,5 мин., то шлифовщик будет обрабатывать 8 деталей в час, причем станок будет работать 280 мин. в смену, а рабочий 140 мин. Отсюда видно, что в сокращении вспомогательного времени кроются большие возможности повышения производительности труда.

§ 4. КВАЛИФИКАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТАРИФНЫХ РАЗРЯДОВ ШЛИФОВЩИКА

По Единому тарифному квалификационному справочнику рабочих квалификация шлифовщика имеет 5 разрядов, из них первый разряд — низший, а пятый разряд — высший. Рассмотрим те требования, которые предъявляются к шлифовщикам первого и пятого разрядов.

Шлифовщик первого разряда должен выполнять:

1) шлифование наружных и внутренних поверхностей простых устойчивых деталей и инструментов по 3—4 классам точ-

ности и 5—8 классам чистоты на круглошлифовальных, плоскошлифовальных, внутришлифовальных и бесцентровошлифовальных станках по заданному технологическому процессу;

2) шлифование наружных, внутренних и конусных поверхностей у деталей средней сложности по 3 классу точности на специализированных, полуавтоматических или автоматических станках, налаженных на обработку определенных деталей;

3) установку детали на магнитных плитах, в центрах, универсальных и специальных приспособлениях;

4) установку и правку шлифовальных кругов под руководством мастера или наладчика.

Шлифовщик первого разряда должен уметь управлять станком и ухаживать за ним, знать назначение его важнейших частей; изучить основные механические свойства шлифуемых материалов; знать назначение и условия применения наиболее распространенных приспособлений, простого контрольно-измерительного инструмента, основные сведения о шлифовальных кругах, правила установки и правки шлифовальных кругов; знать применяемые охлаждающие жидкости, обозначения классов точности и чистоты обработки на чертежах и калибрах.

Шлифовщик пятого разряда должен выполнять:

1) шлифование и доводку плоскостей, многоконусных наружных и внутренних поверхностей большого диаметра и длины, особо сложных ответственных и малоустойчивых деталей по 1—2 классам точности и 9—12 классам чистоты на уникальных шлифовальных станках всевозможных типов;

2) шлифование и доводку сложных форм, штампов с соблюдением требуемых радиусов, углов, зазоров по 1 классу точности с использованием приспособлений и точного измерительного инструмента.

Шлифовщик пятого разряда должен знать конструкцию, наладку и правила проверки на точность шлифовальных станков различных типов, должен уметь выполнять расчеты, связанные с наладкой станков, знать конструкцию универсальных и специальных приспособлений, правила определения наивыгоднейшего режима шлифования в зависимости от материала, формы детали и характеристики шлифовальных кругов, знать разнообразный контрольно-измерительный инструмент, основы теории резания металлов.

§ 5. ПЕРЕДОВЫЕ МЕТОДЫ РАБОТЫ ШЛИФОВЩИКОВ

Шлифовщики-новаторы внесли большой вклад в технологию шлифования. Передовые методы их работы можно классифицировать по следующим направлениям:

1) сокращение машинного времени, которое достигается:

а) применением скоростного шлифования;

б) заменой метода шлифования многократными проходами методом врезания или уменьшением числа проходов за счет применения метода глубинного шлифования;

в) разделением шлифования на две операции — предварительную и чистовую, благодаря чему предварительное шлифование производится более крупнозернистыми кругами;

г) одновременным шлифованием несколькими кругами (фиг. 156, *а*);

д) увеличением количества одновременно шлифуемых деталей (фиг. 156, *б*, *в*);

2) сокращение вспомогательного времени путем:

а) применения приспособлений, позволяющих производить измерение шлифуемых деталей в процессе шлифования;

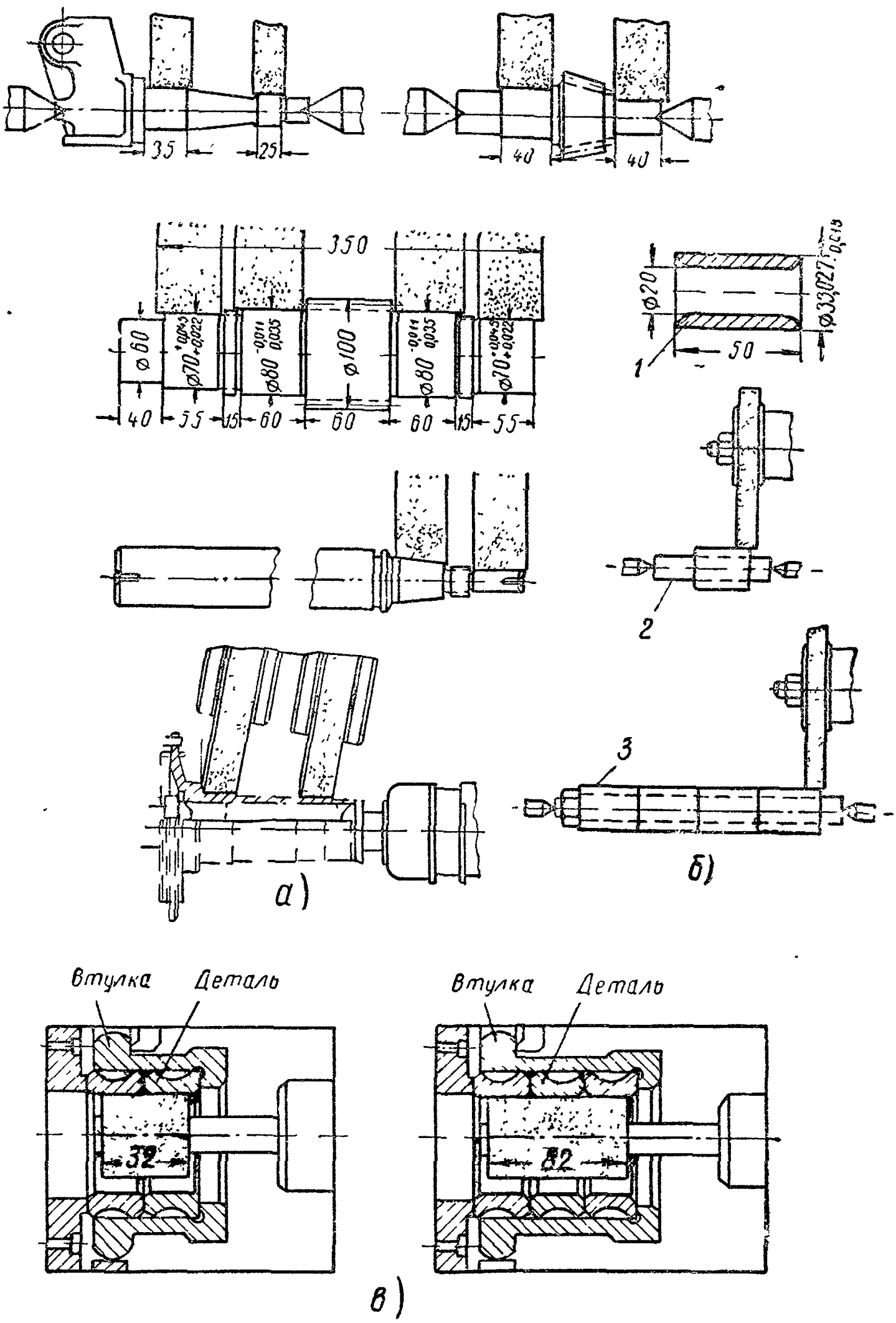
б) применения быстрозажимных и разжимных приспособлений для установки и съема деталей;

в) установки тормозных устройств для быстрой остановки вращающихся деталей и т. д.;

3) совершенствование технологии изготовления деталей.

Приведем несколько примеров. Шлифовщик-новатор тов. Орлов Московского станкостроительного завода им. Орджоникидзе на обработку шпинделя затрачивал 31,4 мин. Применив скоростное шлифование, он стал обрабатывать шпиндель за 12,2 мин.; производительность труда его повысилась в 2,57 раза; окружная скорость шлифовального круга была увеличена с 25 до 50 *м/сек*, окружная скорость детали соответственно с 21,7 до 47,8 *м/мин*, продольная подача с 3,8 до 8,7 *м/мин*. Переход на скоростное шлифование сократил удельный расход шлифовальных кругов и повысил качество шлифуемых деталей.

Шлифовщик-новатор тов. Блохин Московского станкостроительного завода им. Орджоникидзе при шлифовании длинных валов из стали 45, незакаленных, с припуском под шлифование 1,2 *мм* увеличил окружную скорость круга до 44,7 *м/сек*, а детали — до 42 *м/мин*, увеличил глубину резания (поперечную подачу) до 0,15 *мм* при продольной подаче стола 2,6 *м/мин*. Кроме того, он перераспределил припуски на черновое и чистовое шлифование. Так, на чистовое шлифование вместо обычных 20—40% общего припуска он оставляет только 2,5—4%, или 0,035—0,040 *мм*. Черновое шлифование он производит с поперечной подачей 0,10—0,15 *мм* на ход стола. После чернового шлифования круг правится. Чистовое шлифование производится при небольшой глубине за несколько продольных проходов, которые обеспечивают заданные размеры и чистоту поверхности. При старом методе шлифования с обычными скоростями



Фиг. 156. Примеры:

а — одновременного шлифования несколькими кругами; *б* — рационального приема шлифования втулок; *1* — втулка; *2* — шлифование на оправке по одной детали; *3* — шлифование на оправке по четыре детали; *в* — повышение производительности труда путем увеличения количества одновременно шлифуемых деталей.

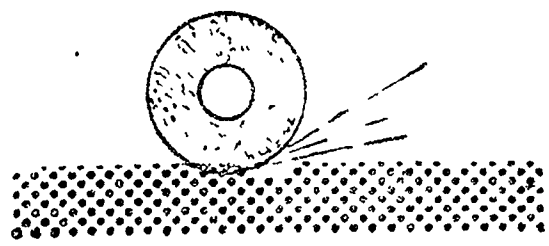
круга и детали с поперечной подачей до 0,06 *мм* круг за время шлифования одного вала приходилось заправлять три раза. При скоростном шлифовании тов. Блохин повысил производительность труда в 3,3 раза.

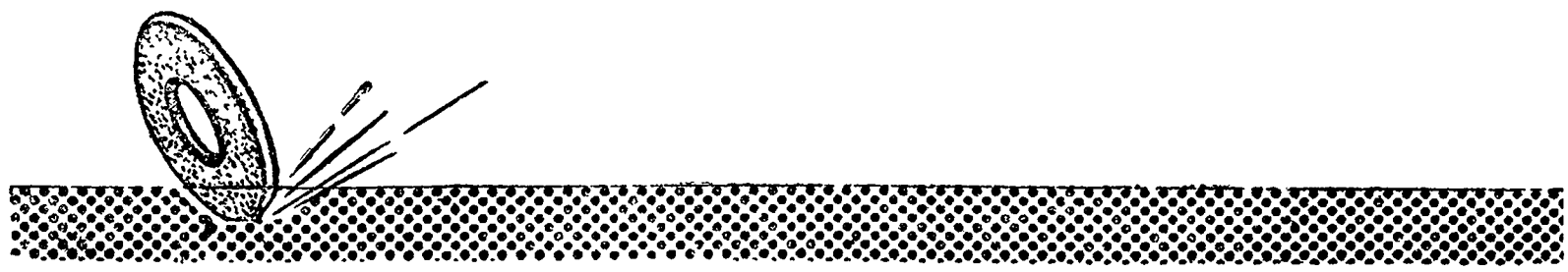
Внедрение скоростного шлифования приводит к повышению стойкости шлифовального круга, к улучшению чистоты поверхности. Повышение режимов резания дает возможность увеличить выпуск продукции.

Анализ передовых методов работы шлифовщиков показывает, что одним из направлений повышения производительности труда при шлифовании является увеличение длины контакта между шлифовальным кругом и шлифуемой деталью. Так, при врезном шлифовании повышение производительности труда достигается либо одновременной обработкой нескольких поверхностей широким профильным кругом, либо применением нескольких шлифовальных кругов (см. фиг. 156). Другим направлением повышения производительности труда при шлифовании является автоматизация шлифовальных станков.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называют рабочим местом шлифовщика?
2. Для чего необходимо техническое нормирование?
3. Из чего складывается норма времени?
4. Какова роль новаторов-шлифовщиков в деле повышения производительности труда?





ГЛАВА ШЕСТНАДЦАТАЯ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Каждая машина должна удовлетворять определенным требованиям в отношении точности работы. Эти требования излагаются в технических условиях на изготовление деталей, сборку узлов и всей машины.

Точность обработки деталей зависит от точности изготовления и состояния станка, точности приспособлений, от качества режущего инструмента, точности измерительного инструмента и выбранного метода измерения, технологического процесса и квалификации рабочего.

Точность станка должна быть выше точности изготовляемой на нем детали. Для проверки станка на точность применяют статические и динамические испытания.

Статические испытания частей станка на точность производятся относительно станины в нерабочем состоянии станка.

При этом проверяют: горизонтальность или вертикальность станины, стоек, плит, столов и т. п.; прямолинейность направляющих и столов; положение и вращение шпинделей и валов; параллельность или перпендикулярность осей валов; прямолинейность перемещения по направляющим; погрешность ходовых винтов; погрешность делительных устройств.

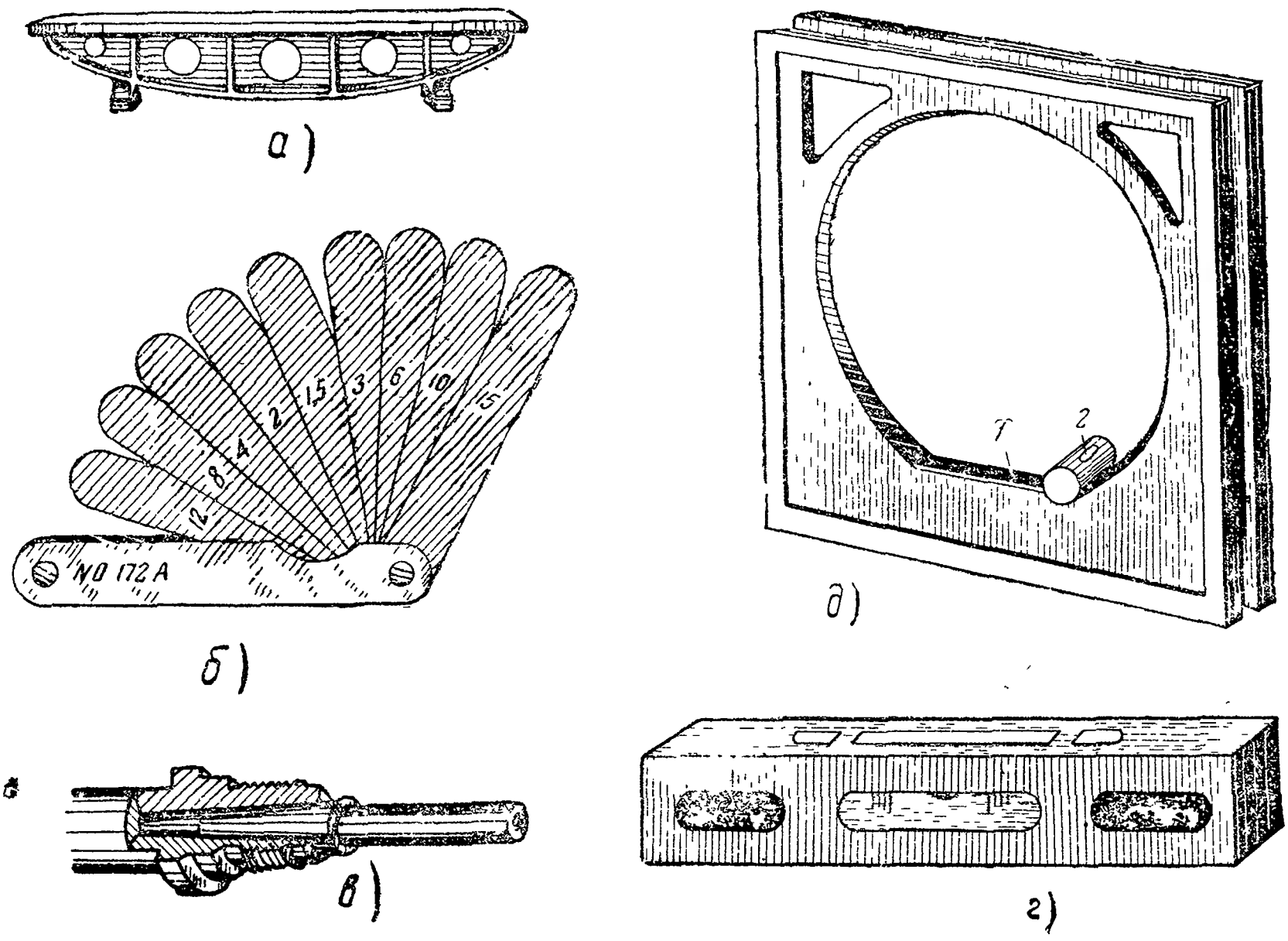
Динамические испытания на точность производятся на работающем станке по обработанной детали. Динамические испытания позволяют определить степень балансировки (уравновешенности) деталей вращения, жесткость стыков и их узлов, качество исполнения зубчатых колес, дефекты в конструкции привода, которые при статических испытаниях не могут быть обнаружены.

Нормы точности и величины допускаемых отклонений зависят от типа, назначения и размеров станка.

Для статических испытаний станков применяют точные и чувствительные инструменты и приборы. К таким инструментам

и приборам относятся: проверочная линейка, простая и лекальная, контрольные линейки, угольники, щупы, концевые меры длины, микрометры, консольные оправки, цилиндрические центровые оправки, индикаторы, уровни, оптические приборы и другие измерительные и проверочные инструменты.

Проверочная линейка (фиг. 157, *а*) применяется для проверки прямолинейности направляющих плоскостей. Линейка чу-



Фиг. 157. Инструмент и приспособления для проверки станка на точность:
а — проверочная линейка; *б* — щуп; *в* — консольная оправка; *г* — обыкновенный уровень; *д* — рамный уровень.

гунная, точно обработанная, ширина ее 40—130 *мм*, длина 500—5000 *мм*. Стальная узкая линейка длиной от 0,5 до 3 *м* служит для проверки прямолинейности направляющих столов, плит и т. п.

Щуп (фиг. 157, *б*) используют при определении величины зазоров между прилегающими поверхностями, а также для проверки величины отклонения плоскости при контроле ее линейкой. Щуп состоит из набора 7—20 стальных пластинок толщиной от 0,05 до 2 *мм*. Для испытания станков применяют наборы из 7 пластинок толщиной от 0,05 до 0,5 *мм*. С тонкими

пластинками щупа необходимо обращаться бережно и предохранять их от повреждений.

Консольная оправка (фиг. 157, *в*) применяется для проверки положения оси шпинделя и конусной расточки в нем. Она представляет собой точно обработанный цилиндрический стержень с коническим концом. Цилиндрическая часть оправки имеет диаметр 25—50 *мм* и длину 100—300 *мм*. Коническая часть оправки пригоняется плотно по отверстию шпинделя станка.

Цилиндрическая оправка представляет собой точно отшлифованный цилиндрический валик с центровыми отверстиями и служит для проверки параллельности линии центров и направляющих станины. Оправки изготовляют стальными, термически обработанными, диаметром до 125 *мм* и длиной до 2000 *мм*. Во избежание большого прогиба длинные оправки выполняют пустотелыми с пробками для центров, вставленными в их концы. При изготовлении оправок овальность их цилиндрической поверхности допускается не более 0,005 *мм*, а для особо точных станков — не более 0,003 *мм*.

Уровни служат для проверки горизонтальной или вертикальной установки станка, прямолинейности направляющих и столов, взаимного расположения станины и стоек.

Уровни бывают обыкновенные, регулируемые и рамные. В этих уровнях имеется цилиндрическая, немного изогнутая трубка, наполненная спиртом с пузырьком воздуха, называемая ампулой. На внешней поверхности ампулы нанесены деления через 2—3 *мм*. Трубка заключена в корпус в виде стального или чугунного бруска с тщательно обработанной нижней поверхностью, имеющей угловую канавку для удобства установки уровня на цилиндрическую поверхность. При отклонении корпуса от горизонтального положения пузырек воздуха перемещается по ампуле в сторону подъема, стремясь занять высшее положение. По количеству делений, на которое смещается пузырек, судят о величине уклона. Обычно при испытаниях станков применяют уровни с чувствительностью 0,02—0,05 *мм* на 1 *м*. Это означает, что наклон уровня до 0,03 *мм* на 1 *м* длины должен дать отклонение пузырька на одно деление.

Уровни — очень чувствительные приборы, требующие осторожного обращения. Длина подошвы уровня должна быть не менее 200—300 *мм*.

Обыкновенный уровень (фиг. 157, *г*) представляет собой чугунный или стальной брусок, на котором помещаются две взаимно-перпендикулярные ампулы. Уровень устанавливают на проверяемую поверхность для определения ее горизонтальности.

В регулируемом уровне наклон ампулы можно регулировать посредством микрометрического винта, позволяющего устанав-

ливать пузырек в среднее положение. Отклонение от горизонтальности определяется величиной подъема или опускания микрометрического винта.

Рамный уровень (фиг. 157, *д*) представляет собой квадратную чугунную рамку размером 300×300 *мм*, наружные стороны которой тщательно обработаны, причем три стороны имеют призматические выемки, а четвертая — плоская. Внутри рамки, на одной из сторон, расположены две взаимно-перпендикулярные ампулы *1* и *2*. Рамный уровень применяется для проверки горизонтальности, вертикальности и взаимного расположения плоскостей и валов.

Для примера рассмотрим процесс испытания круглошлифовального станка на точность. Прежде всего проверяют горизонтальность направляющих станины в продольном направлении. Для этого уровень устанавливают поочередно на каждую направляющую призму и перемещают вдоль нее. Этот способ проверки дает возможность определить наличие износа направляющих станины. Отклонение от горизонтальности в продольном направлении допускается в пределах от 0 до 0,02 *мм* на длине 1000 *мм*.

Горизонтальность направляющих станины в поперечном направлении проверяют уровнем, который устанавливают на специальную линейку, положенную поперек станины. Линейку с уровнем медленно передвигают вдоль станины. Отклонение от горизонтальности в поперечном направлении допускается до 0,05 *мм* на длине 1000 *мм*.

Прямолинейность направляющих станины проверяют при помощи линейки. Линейку накладывают на направляющие поочередно — сначала на одну, потом на другую, а щупом измеряют просвет, который получается между линейкой и плоскостью направляющей.

Для проверки положения оси шпинделя передней бабки и его конического отверстия пользуются консольной оправкой. Коническую часть отверстия хорошо прочищают и в нее плотно вставляют соответствующий конец оправки. Свободный конец этой оправки индикатором проверяют на биение. Для этого измерительный штифт индикатора подводят к оправке, а проверяемый шпиндель начинают медленно вращать. О величине биения судят по отклонению стрелки индикатора, которое должно быть не более 0,01 *мм* при длине оправки 300 *мм*.

Параллельность оси шпинделя и плоскости стола проверяют при помощи индикатора, измерительный штифт которого подводится к оправке сверху. Перемещая индикатор вдоль оправки, определяют величину непараллельности. Отклонение от параллельности не должно быть более 0,02 *мм* на длине 300 *мм*

и допускается только в сторону повышения свободного конуса оправки.

Таким же способом проверяют параллельность оси шпинделя передней бабки и направляющих станины в горизонтальной плоскости. Измерительный штифт индикатора подводят к оправке сбоку, со стороны шлифовального круга. Величина отклонения допускается до 0,02 *мм* на длине 300 *мм* с уклоном только в сторону шлифовального круга. Оси шпинделя шлифовального круга и шпинделя передней бабки должны быть на одной высоте. Проверку производят при помощи индикатора или уровня и двух оправок одинакового диаметра: одну из оправок вставляют в коническое отверстие шпинделя шлифовального круга, а другую — в соответствующее отверстие шпинделя передней бабки.

Проверка перпендикулярности перемещения суппорта шлифовального круга к направляющим станины производится при помощи контрольной оправки, угольника и индикатора. Оправку закрепляют между центрами передней и задней бабок. Со стороны шлифовального круга к оправке прикладывают контрольный угольник. Индикатор закрепляют на шпинделе шлифовального круга, причем его измерительный штифт должен соприкасаться с ребром контрольного угольника. При подаче бабки шлифовального круга в сторону оправки стрелка индикатора зафиксирует отклонение.

Полное испытание станка на точность содержит много различных видов проверок, но все они производятся примерно такими же способами и с применением тех же или аналогичных им приспособлений.

§ 2. УХОД ЗА СТАНКОМ

Уход за станком предусматривает сохранение его точности и производительности в течение длительного срока службы. К уходу за станком относится его смазка и чистка, регулирование углов, осмотры и ремонты.

Тщательный уход за станком — регулярная протирка и смазка всех трущихся поверхностей — обеспечивает безотказную работу станка. На чистом станке приятно работать. Регулярный уход за станком дает возможность следить за всеми отклонениями в его работе, что, в свою очередь, дает возможность быстро выявлять погрешности обработки, вызванные станком.

Правильная система смазки значительно снижает потери энергии на трение, повышает коэффициент полезного действия станка, уменьшает износ, увеличивает долговечность трущихся поверхностей, сохраняет точность станка, способствует плавной

его работе и получению высокой чистоты поверхностей деталей, обрабатываемых на станке.

Рекомендуются следующие правила ухода за станком.

1. Перед пуском станка необходимо тщательно очистить его от пыли и грязи, проверить исправность механизмов, а также смазочной и охлаждающей системы и наличие в них смазки и охлаждающей жидкости.

2. При работе все масленки нужно заправлять смазкой не менее четырех раз в смену, регулировать кольцевые и капельные масленки и тщательно прикрывать их крышками.

3. Направляющие суппортов, винты, валики, открытые зубчатые передачи и другие открытые трущиеся части необходимо смазывать тонким слоем индустриального масла марки 30 (машинное Л), а вертикальные валики, винты и расположенные в малодоступных местах зубчатые передачи — солидолом Л. Своевременно производить удаление грязи и отработанной смазки.

4. Подшипники с кольцевой смазкой необходимо заливать индустриальным маслом марки 20 (веретенное 3) до уровня контрольной пробки.

5. Масляные ванны необходимо заливать маслом согласно инструкции по смазке станка до уровня, расположенного на 15—20 *мм* ниже валиков, проходящих через стенки коробок скоростей или подач.

6. В циркуляционных системах, в масляных ваннах и подшипниках с кольцевой смазкой замену отработанного масла нужно производить не реже одного раза в три месяца и тщательно промывать резервуар.

7. Фитильные масленки необходимо наполнять маслом не менее чем на половину высоты выступающей трубки.

8. Раз в месяц необходимо очищать и промывать охлаждающую систему и полностью заменять отработанную жидкость.

9. Во время работы станка необходимо следить за нагревом подшипников и прежде всего подшипников шлифовального круга, не допуская их перегрева.

10. По окончании работы станочник обязан убрать станок. При уборке, кроме очистки поверхности станка от стружки, следует тщательно протереть чистыми тряпками все открытые трущиеся поверхности (направляющие станин, суппортов и пр.). Для этого прогоняют стол по всей длине направляющих; чистят и протирают открытые винты; вынимают грязь и абразивную пыль из всех пазов и отверстий, в том числе и смазочных; смазывают все трущиеся поверхности и заливают масло в масленки. Обтирать станок во время работы запрещается.

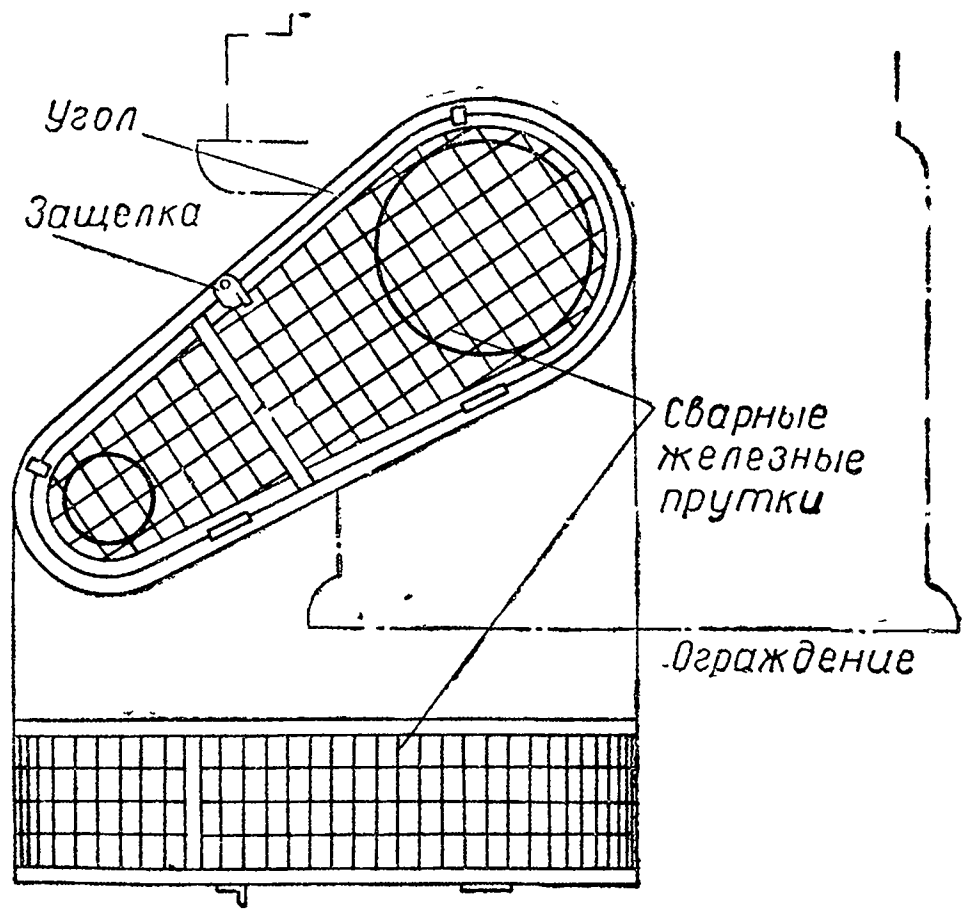
§ 3. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Защита подвижных частей. Все движущиеся части станков должны быть закрыты. Шкивы, приводные ремни и зубчатые колеса на высоте 2 *м* от пола следует ограждать металлической сеткой (фиг. 158).

На станках с автоматическим переключением подач упорами следует устанавливать щитки, закрывающие рычаги переключения. Такие ограждения исключают возможность прищемления рук шлифовщика упором во время наблюдения за работой станка.

На больших круглошлифовальных станках устанавливают зеркало, которое позволяет шлифовщику наблюдать за ходом процесса шлифования не нагибаясь.

Соблюдение установленных правил работы. Несоблюдение установленных правил работы может привести к несчастным случаям. Так, измерение деталей на ходу станка представляет большую опасность для рабочего.

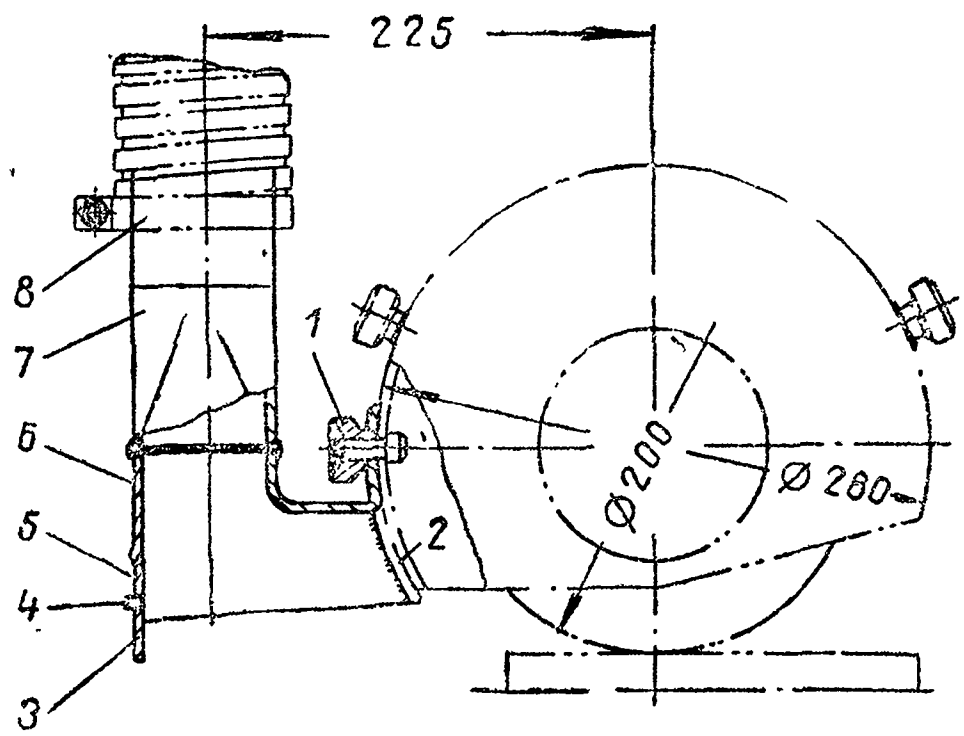


Фиг. 158. Ограждение движущихся частей станка.

Для предупреждения ранений глаз отлетающими частицами металла или абразивными зернами необходимо носить предохранительные очки, устанавливать у станков подвижные щитки, избегать сухого шлифования и пользоваться устройствами для принудительного отсасывания пыли. Существует много конструкций пылеотсасывающих устройств для удаления абразивной пыли непосредственно из зоны шлифования. Для примера рассмотрим защитно-обеспыливающий кожух к плоскошлифовальному станку модели 372Б, работающему периферией круга (фиг. 159). К защитному кожуху на станке пристраивают местный отсос. Для этой цели в левой стороне кожуха вырезают часть стенки. Винтом *1* прикрепляют всасывающую часть защитно-обеспыливающего кожуха *2*. Патрубок *8* этого кожуха соединен с гибким металлическим рукавом, который присоединен к стационарному вентиляционному воздухопроводу. Раструб *7* соединен с корпусом *6* отсоса, который имеет верхний *5*

и нижний *3* фартуки из латуни или красной меди. Фартуки качаются на оси *4* и способствуют повороту пылевого факела во всасывающем отверстии, что обеспечивает полное улавливание и отвод образующейся пыли.

Править круги необходимо только специальным приспособлением, иначе правящий инструмент может вырваться из рук и, заклинившись между станком и шлифовальным кругом, вызвать разрыв последнего. Подводить деталь к шлифовальному кругу или, наоборот, шлифовальный круг к детали нужно осторожно, без ударов, так как это может вызвать разрыв круга. В особенности это важно при работе торцом круга.



Фиг. 159. Защитно-обеспыливающий кожух к плоскошлифовальному станку модели 372Б.

Несоблюдение установленного режима шлифования, т. е. окружной скорости шлифовального круга, величин всех подач, неправильный выбор характеристики шлифовального круга также может вызвать аварию.

Прежде чем начать работу, шлифовщик обязан проверить, надежно ли закреплена деталь в упорных центрах, на оправке, в магнитном патроне или на магнитной плите. Если, например, деталь установлена на загрязненную поверхность магнитной плиты или по оплошности не включен в нее ток, то деталь будет сорвана при подводе шлифовального круга. Если упорный центр задней бабки входит неплотно в центровое отверстие детали, она также будет сорвана со своего места.

При включении продольной подачи следует проверить установку и закрепление упоров, переключающих направление хода стола. После включения автоматической подачи незакрепленный упор отодвинется, и переключения не произойдет. Тогда шлифовальный круг врежется в торцовую поверхность детали или в поводок и разорвется.

Электробезопасность. Шлифовальные станки оснащены несколькими электродвигателями. Поэтому шлифовщик должен уметь пользоваться электроаппаратурой управления: кнопочной станцией, магнитным пускателем, рубильником, пакетным выключателем и т. д. Неумелое обращение с этими устройствами приводит к несчастным случаям. Например, прикоснове-

ние к незащищенной или плохо защищенной силовой электрической цепи электродвигателя и пусковой электроаппаратуре опасно для жизни.

Особенно опасно одновременное прикосновение к двум, даже изолированным, проводам. Вследствие повреждений или плохого качества изоляции, а также небрежного выполнения соединений станок и электроаппаратура могут оказаться под напряжением, что приведет к несчастному случаю.

В связи с этим не следует открывать и касаться неизолированными предметами электроустройств и электрооборудования, назначение которых неизвестно или пользование ими не поручалось рабочему. Пользоваться рубильниками, выключателями и пусковыми кнопками следует только в том случае, если это входит в прямую обязанность шлифовщика. Нельзя работать вблизи открытых токоведущих частей без устройства хотя бы временных ограждений. Можно пользоваться переносными электролампами только низкого напряжения (не свыше 36 *в*). Чтобы не допустить поражения рабочего электрическим током, станок должен быть заземлен.

Никогда не следует проходить мимо любой неисправности. Об искрении, вспышке в электрических устройствах или повреждении изоляции необходимо немедленно сообщать мастеру или дежурному электромонтеру.

Правила безопасной работы. Для безопасной работы шлифовщику необходимо:

1) хорошо знать свойства шлифовального круга и обращаться с ним осторожно;

2) в совершенстве знать устройство всех механизмов станка;

3) усвоить порядок и приемы включения и выключения механизмов станка;

4) строго соблюдать установленные режимы работы;

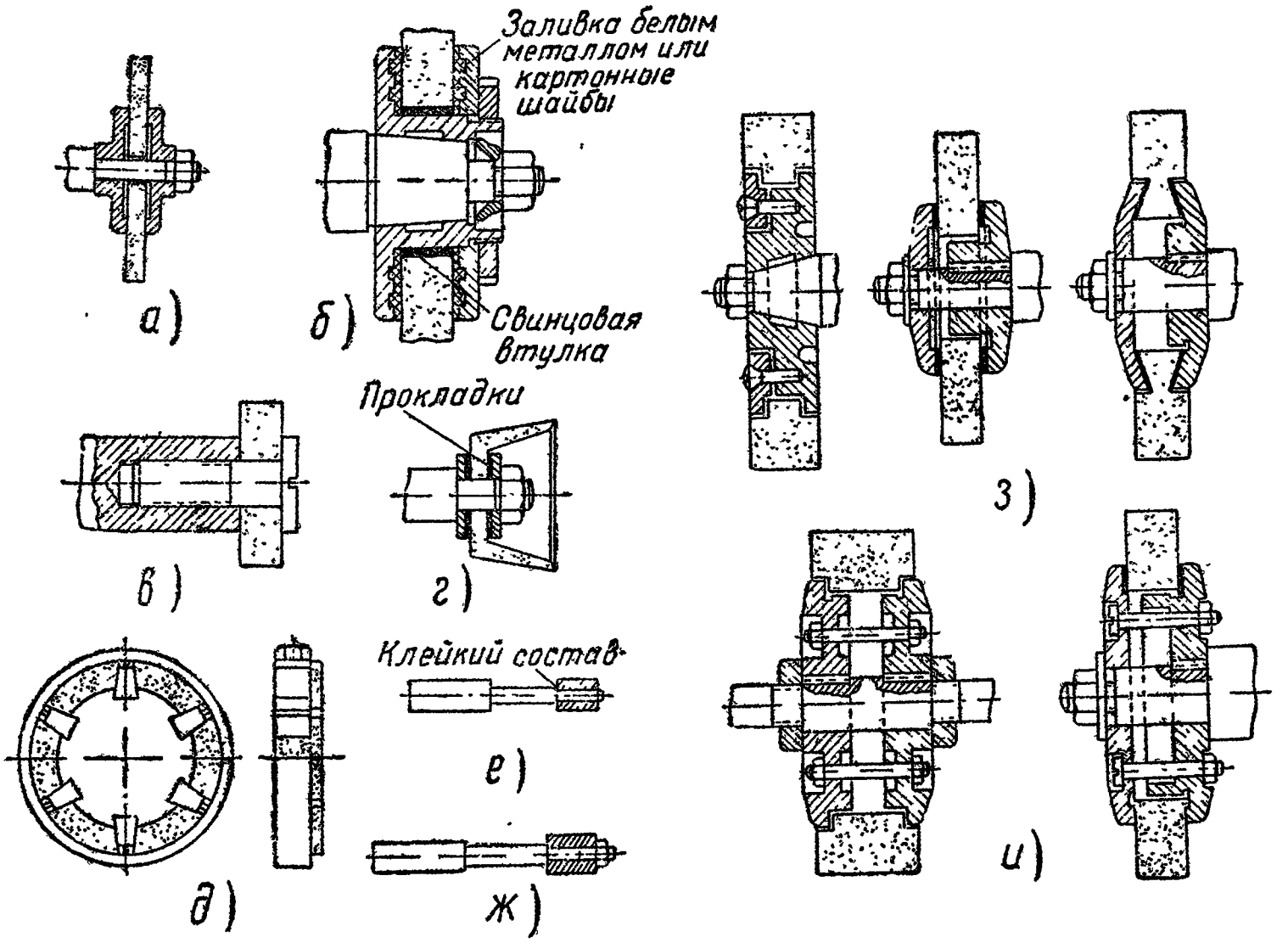
5) быть внимательным и своевременно замечать малейшие неполадки в работе станка;

6) строго соблюдать все правила техники безопасности, не допускать неосторожного обращения со станком, не отходить от работающего станка.

Для предохранения рабочего от увечий при разрыве шлифовального круга последний закрывают специальным предохранительным кожухом. В передней части этого кожуха имеется вырез для подвода круга к детали. Без кожуха работать на станке не разрешается. Включив станок, разгоняют шлифовальный круг и только после этого приступают к обработке детали.

Обращение с кругами. Неправильная эксплуатация кругов и обращение с ними могут привести к разрыву их даже при небольших окружных скоростях.

Для хранения кругов на складе необходимо иметь специальные стеллажи. На рабочем месте шлифовальные круги необходимо хранить отдельно от металлических предметов, так как круги очень чувствительны к ударам. Под действием даже небольшого удара или толчка в них появляются трещины, которые трудно заметить невооруженным глазом, но которые могут быть причиной разрыва круга. Поэтому, прежде чем устанавливать новый круг на шпиндель станка, его нужно испытать



Фиг. 160. Примеры правильного крепления кругов:

а — закрепление на цилиндрическом шпинделе; *б* — закрепление на коническом шпинделе; *в* — закрепление при внутреннем шлифовании; *г* — закрепление чашеобразного круга; *д* — закрепление сегментов круга; *е* — закрепление кругов диаметром 3—6 *мм*; *ж* — закрепление кругов диаметром 6—10 *мм*; *з* — закрепление на коническом конце шпинделя; *и* — закрепление на цилиндрическом конце шпинделя.

в соответствии с требованиями ГОСТ. Испытание на прочность шлифовальных кругов состоит в том, что им сообщают такую окружную скорость, которая превышает рабочую.

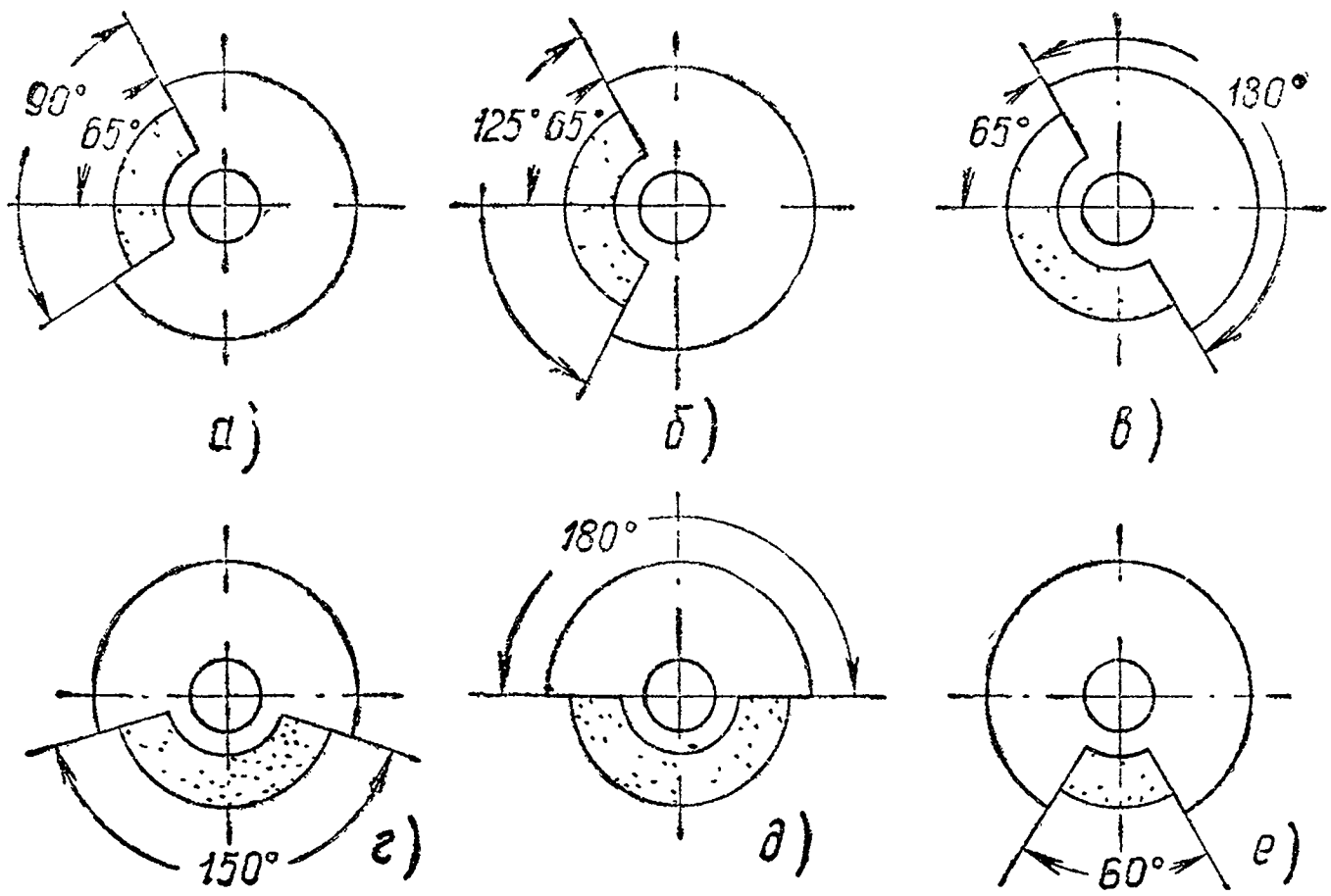
При мокром шлифовании после работы воду спускают, иначе у круга, погруженного на длительное время в жидкость, одна сторона, впитав влагу, станет тяжелее, и при работе круг окажется несбалансированным. Если температура помещения в нерабочее время будет ниже нуля, то вода в порах круга замерзнет, появятся незаметные трещины, которые могут привести к разрыву круга.

Крепление шлифовального круга на шпинделе станка. Большое внимание должно быть обращено на правильное крепление кругов во избежание их разрыва. Способы крепления кругов разнообразны и зависят от формы круга, его размеров и т. п.

На фиг. 160 показаны примеры правильного крепления кругов. Все способы крепления должны отвечать следующим требованиям:

а) обеспечивать надежное закрепление круга на шпинделе;

б) не создавать в круге внутренних напряжений.



Фиг. 161. Схемы защитных кожухов шлифовального круга: *а* — для обдирочных и заточных станков; *б* — для обдирочных и заточных станков при заточке и обдирке обрабатываемых деталей или инструмента, расположенных ниже оси круга; *в*—для круглошлифовальных и бесцентровых шлифовальных станков; *г* — для плоскошлифовальных станков, работающих периферией круга; *д*—для переносных станков с гибким валом; *е* — для кругов, работающих наиболее удаленной своей частью.

Скорость вращения шлифовального круга. Помимо внешнего осмотра и простукивания, шлифовальные круги диаметром 100 *мм* и выше, предназначенные для работы с окружной скоростью более 10 *м/сек*, должны быть испытаны на специальных стендах при числе оборотов, превышающем указанное в маркировке круга на 50%. Новые круги диаметром 100 *мм*, не имеющие в маркировке указания о допустимом числе оборотов, к работе не допускаются. Увеличивать скорость вращения шлифовального круга выше той, которая указана на круге, нельзя. Допустимые окружные скорости шлифовальных кругов и правила их испытания указаны в руководящих материалах.

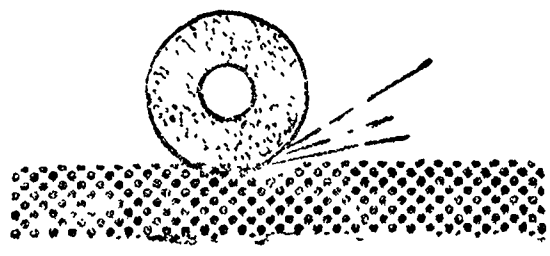
Защитные кожухи к шлифовальным станкам. Шлифовальные круги снабжаются защитными кожухами из стали или ковкого чугуна. Кожухи прочно прикрепляют к шлифовальной бабке станка и предохраняют рабочих от возможного разрыва шлифовального круга, кроме того, они защищают от брызг охлаждающей жидкости. Расположение и наибольшие допустимые углы раскрытия защитного кожуха при различных условиях работы показаны на фиг. 161.

Там, где допускают условия работы, следует уменьшать угол раскрытия кожуха. Иногда угол раскрытия регулируют передвижными козырьками, прочно закрепляемыми на кожухе в различных положениях.

Приспособления для защиты глаз. Для защиты глаз от отлетающих частиц абразивно-металлической пыли служат защитные экраны из небьющегося стекла. При отсутствии таких экранов шлифовщикам выдают защитные очки.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите измерительный инструмент, применяемый при испытании станков на точность.
2. Перечислите правила ухода за шлифовальным станком.
3. Перечислите правила безопасной работы на шлифовальном станке.
4. Расскажите, как должен быть установлен шлифовальный круг на станке.
5. Для чего необходимо отсасывать абразивную пыль при шлифовании?



Выбор шлифовального круга

Обрабатываемый материал	Круглое шлифование				Плоское шлифование				Внутреннее шлифование			
	сорт абразива	зернистость	твердость	связка	сорт абразива	зернистость	твердость	связка	сорт абразива	зернистость	твердость	связка
Закаленная конструкционная сталь	Э и ЭБ	50—16	СМ1—М3	К или Б	Э	50—32	СМ1—М2	К	Э и ЭБ	32—25	СМ1—М2	К или Б
Незакаленная конструкционная сталь . . .	Э	50—25	С2—СМ2	К	Э	50—32	СМ2—М2	К	Э	50—32	СМ1—М3	К
Инструментальная сталь	Э	50—25	СМ2—СМ1	К или Б	Э	50—32	СМ1—М2	К	Э	32—25	СМ1—М2	К или Б
Чугун	КЧ	50—25	СМ1—М2	К	КЧ	50—32	СМ2—М2	К	КЧ	50—32	СМ1—М2	К
Алюминиевые сплавы .	КЧ	50—32	СМ1—М3	К	КЧ	50—32	СМ2—СМ1	К	КЧ	50—32	СМ2—М1	К
Латунь	КЧ	50—32	СМ1—М1	К	КЧ	125—63	С2—С1	К	КЧ	32—25	СМ2—СМ1	К
Твердая бронза	Э	50—32	СМ1—М3	К	—	—	—	—	Э	32—25	СМ1—СМ2	К
Твердые сплавы . . .	КЗ	32—12	СМ1—М3	К	КЗ	25—16	М2—М3	К	КЗ	25—16	СМ1—М2	К

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Лурье Г. Б., Прогрессивная технология шлифования, Трудрезервиздат, 1957.

2. Лурье Г. Б., Методы отделки абразивными инструментами, Трудрезервиздат, 1958.

3. Кудасов Г. Ф., Абразивные материалы и инструменты, «Библиотечка шлифовщика», вып. 1, Машгиз, 1960.

4. Васильев Н. Н., Круглое наружное шлифование, «Библиотечка шлифовщика», вып. 2, Машгиз, 1961.

5. Ваксер Д. Б., Внутреннее шлифование, «Библиотечка шлифовщика», вып. 3, Машгиз, 1961.

6. Муцянко В. И., Бесцентровое шлифование, «Библиотечка шлифовщика», вып. 4, Машгиз, 1962.

7. Кудасов Г. Ф., Плоское шлифование, «Библиотечка шлифовщика», вып. 5, Машгиз, 1960.

8. Малкин Б. М., Профильное шлифование, «Библиотечка шлифовщика», вып. 6, Машгиз, 1960.

9. Глясс В. Д., Резьбошлифование, «Библиотечка шлифовщика», вып. 7, Машгиз, 1960.

10. Муцянко В. И., Абразивная заточка и доводка металлорежущих инструментов, «Библиотечка шлифовщика», вып. 8, Машгиз, 1961.

11. Соколов С. П., Тонкое шлифование и доводка, «Библиотечка шлифовщика», вып. 9, Машгиз, 1961.

12. Киселев С. П., Полирование металлов, «Библиотечка шлифовщика», вып. 10, Машгиз, 1961.

13. Сергеев М. А, Повышение производительности при работе на шлифовальных станках, Л., Газетно-журнальное изд-во, 1955.

14. НИИалмаз, Правка шлифовальных кругов алмазными инструментами и заменителями алмазов, под ред. А. Ф. Несмелова, Машгиз, 1960.

15. Ипполитов Г. М., Абразивные инструменты и их эксплуатация; Машгиз, 1959.

16. Маслов Е. Н., Основы теории шлифования металлов, Машгиз, 1951.

17. Ящерицын П. И., Скоростное шлифование, Машгиз, 1953.

18. Ананьин С. Г., Ачеркан Н. С. и др., Металлорежущие станки, Машгиз. 1957.

19. Кудряшов А. А., Металлорежущие станки для инструментального производства, Машгиз, 1961.

20. Мартынов Б. П. и Рывкин А. Н., Шлифование с подачей охлаждающей жидкости изнутри шлифовального круга и снаружи. «Станки и инструмент» № 9, Машгиз, 1959, стр. 19—22.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3
Глава первая. **Основы процесса шлифования металлов** 5
§ 1. Процесс шлифования 5
§ 2. Виды и способы шлифования 7
§ 3. Абразивные материалы 9
§ 4. Образование стружки при шлифовании 19
§ 5. Влияние дуги соприкосновения 20
§ 6. Теплота, образующаяся при шлифовании 21
§ 7. Действующие силы и необходимая мощность при шлифовании 24
§ 8. Выбор и установка шлифовального круга 26
§ 9 Режим шлифования 26
§ 10. Черновое и чистовое шлифование 28
§ 11. Скоростное шлифование 28
§ 12. Балансировка шлифовального круга 29
Контрольные вопросы 33

Глава вторая. **Допуски, посадки и измерительные инструменты** . . . 34
§ 1. Взаимозаменяемость 34
§ 2. Точность обработки 34
§ 3. Понятие о допусках и посадках 35
§ 4 Качество обработанной поверхности 40
§ 5. Точность измерений 46
§ 6. Измерительные инструменты 47
§ 7. Автоматизация измерений 63
Контрольные вопросы 67

Глава третья. **Правка шлифовальных кругов** 68
§ 1. Износ и засаливание кругов 68
§ 2. Алмазные инструменты для правки шлифовальных кругов 69
§ 3. Безалмазные инструменты для правки шлифовальных кругов 72
Контрольные вопросы 75

Глава четвертая. **Шлифование наружных цилиндрических поверхностей** 76
§ 1. Способы шлифования 76
§ 2. Установка деталей на станке 78
§ 3. Подготовка тел вращения к круглому наружному шлифованию 83
§ 4. Предупреждение брака при круглом шлифовании 85
Контрольные вопросы 86

Глава пятая. **Шлифование наружных конических поверхностей** . . . 87
§ 1. Способы шлифования конических поверхностей. 87
§ 2. Измерение конических поверхностей 88
§ 3. Шлифование сопряженных цилиндрических и конических поверхностей 91
Контрольные вопросы 92

Глава шестая. **Внутреннее шлифование** 93
§ 1. Особенности внутреннего шлифования 93
§ 2. Способы внутреннего шлифования 94
§ 3. Шлифование внутренних конических поверхностей 96
§ 4. Приспособления для крепления деталей 96
Контрольные вопросы 100

Глава седьмая. **Шлифование плоскостей** 101
§ 1. Основные понятия 101
§ 2. Приспособления для плоского шлифования 104
§ 3. Сегментные шлифовальные круги 106
§ 4. Измерение деталей при плоском шлифовании 107
§ 5. Обработка тонких деталей 108
§ 6. Предупреждение брака при плоском шлифовании 108
Контрольные вопросы 109

Глава восьмая. **Шлифование фасонных поверхностей** 110
§ 1. Сущность фасонного шлифования 110
§ 2. Профилирование шлифовального круга 111
§ 3 Шлифование шлицев 116
Контрольные вопросы 117

Глава девятая. **Типовые детали и узлы шлифовальных станков** . . . 118
§ 1. Детали механических передач 118
§ 2. Детали гидравлических передач 121
Контрольные вопросы 131

Глава десятая. **Круглошлифовальные станки** 132
§ 1. Общие сведения 132
§ 2. Центровой круглошлифовальный станок модели 3Б151 . . 135
§ 3. Универсальный круглошлифовальный станок модели 312М . 146
§ 4 Приспособление для внутреннего шлифования 147
§ 5. Бесцентровый шлифовальный станок модели 3Г180 . . . 148
§ 6. Внутришлифовальный станок модели 3Б250 156
§ 7. Внутришлифовальный полуавтомат модели 3А251 163
§ 8. Внутришлифовальный станок с планетарным движением шпинделя 167
Контрольные вопросы 168

Глава одиннадцатая. **Плоскошлифовальные станки** 170
§ 1. Плоскошлифовальный станок модели 3Б71М 170
§ 2. Плоскошлифовальный станок модели 3Б756 174
Контрольные вопросы 180

Глава двенадцатая. **Специальные шлифовальные станки** 181
§ 1. Резьбошлифовальные станки 181
§ 2. Станок модели 362В для заточки резцов 195
§ 3. Универсально-заточный станок модели 3А64М 199
§ 4. Станки для шлифования коленчатых валов 207
§ 5. Зубошлифовальные станки 215
Контрольные вопросы 226

Глава тринадцатая. **Особые методы чистовой обработки поверхностей** 228
§ 1. Общие сведения 228
§ 2. Хонингование 228
§ 3. Притирка 233

§ 4. Суперфиниширование 237
§ 5. Полирование 240
§ 6. Ленточное шлифование 242
Контрольные вопросы 243

Глава четырнадцатая. **Технологический процесс** 244
§ 1. Основные понятия о технологическом процессе 244
§ 2. Разработка технологического процесса 245
§ 3. Припуски на обработку 248
§ 4. Выбор установочных баз 249
§ 5 Карта технологического процесса 250
Контрольные вопросы 252

Глава пятнадцатая. **Организация труда и техническое нормирование** . 253
§ 1. Основные положения 253
§ 2. Организация рабочего места 253
§ 3 Техническое нормирование 255
§ 4. Квалификационная характеристика тарифных разрядов шлифовщика 258
§ 5. Передовые методы работы шлифовщиков 259
Контрольные вопросы 262

Глава шестнадцатая. **Эксплуатация шлифовальных станков** 263
§ 1. Общие сведения 263
§ 2. Уход за станком 267
§ 3. Техника безопасности при шлифовании 269
Контрольные вопросы 274
Приложение 275
Рекомендуемая литература 276

Лоскутов Василий Васильевич

ШЛИФОВАНИЕ МЕТАЛЛОВ

4-е изд. переработанное. Москва — Свердловск, Машгиз, 1962.
280 стр. с илл. (Учебное пособие для профессионально-технических училищ).

6П4.67
Л179

Лоскутов Василий Васильевич

ШЛИФОВАНИЕ МЕТАЛЛОВ

Обложка *М. Н. Гарипова.* Технический редактор *Н А. Дугина.*
Корректоры *В. П. Горячева, Н. К. Арсеньева*

НС22411. Сдано в производство 19/V 1962 г. Подписано к печати 18/VIII 1962 г.
Печ. л. 17,5. Уч.-изд. л 16,8. Бум. л. 8,75. Формат 60×90¹/₁₆.
Тираж 37 000. Индекс 1-1-3-2Ж Заказ 442. Цена 52 коп

Типография издательства «Уральский рабочий», Свердловск, улица имени Ленина, 49.

2 экз.

ЛЕНГИЗ

УРАЛО-СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ МАШГИЗ
Свердловск, ул. Малышева, 36